

# **Versuche und Datenbeschaffung**

**Schlussbericht**



## Auftraggeber

Arbeitsgruppe Projekt EVA II:

AGVS, Altola AG, AMAG Import AG, auto-schweiz, AWEL, BAFU, Empa, Häfeli-Brügger AG, Kaufmann Recycling AG, SARS, Schaufelberger René Consulting GmbH, Thommen Furler AG, VASSO, Tesla

Begleitung Bundesamt für Umwelt: Isabelle Baudin

## Bearbeitung

Empa, Technology and Society Lab, Critical Materials and Resource Efficiency Group, 9014 St. Gallen<sup>1</sup>

## Autoren

Charles Marmy

Manuele Capelli

Lorena Toledo

Nora Bartolomé

Ursina Marseiler

Katrin Pangaribuan

Rolf Widmer

**Titelbild:** ©C. Marmy, 2022

## Hinweise

Dieses Projekt wurde mit finanzieller Unterstützung vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), von der Stiftung Autorecycling Schweiz (SARS) und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) durchgeführt. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich. Die Autoren bedanken sich herzlich bei Thomas Ramseyer (VASSO), Dennis Lackovic und Roger Gnos (Swico), Markus Stengele, Christoph Solenthaler und ihre Kollegen (Solenthaler Recycling AG), die MitarbeiterInnen des Standorts AdCremo (Pro Business House AG), Philippe Sowjakow, Jodok Huber und ihre KollegInnen (Thommen AG), Kurt Burki, Daniel Böni und ihre KollegInnen (KEZO), Thaddäus Steinmann (Altola AG), Walter Häfeli (Häfeli-Brügger AG) und Markus Peter (AGVS) für ihre wertvolle Unterstützung und Rat-schläge.

St. Gallen, Januar 2023

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Kontext .....	1
1.2	Eingebettete elektronische Geräte und ihre Klassifizierung .....	2
1.3	Seltene Technologiemetalle .....	4
1.4	Ziel des Projekts EVA II .....	5
1.5	Das Gesamtmodell .....	7
1.6	Inhalt des Berichts .....	10
2	Umfrage zum Verbleib von Ersatzgeräten .....	11
2.1	Einführung .....	11
2.2	Methodik .....	12
2.3	Ergebnisse und Diskussion .....	16
2.4	Extrapolation .....	26
2.5	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	29
3	RESH Probennahme- und Messprotokoll .....	30
3.1	Einleitung und Ziele .....	30
3.2	Methodik und Versuchsablauf .....	31
3.3	Ergebnisse .....	39
3.4	Diskussion .....	44
4	EEG Batchversuch .....	46
4.1	Einleitung .....	46
4.2	Methodik und Versuchsablauf .....	47
4.3	Ergebnisse und Diskussion .....	51
5	Deep Dismantling von EEG .....	54
5.1	Einleitung .....	54
5.2	Methodik .....	54
5.3	Ergebnisse und Diskussion .....	62
6	Datenbank und –struktur .....	65
6.1	Einleitung .....	65
6.2	Datenquellen .....	65
6.3	Aufbau der Datenbank .....	66
6.4	Ergänzung der Datenbank in Zukunft .....	67
7	Referenzen .....	68
Anhang A	Liste der identifizierten Gerätetypen .....	70
Anhang B	Ergebnisse Umfragen Verbleib von Ersatzgeräten .....	80
Anhang C	Ergebnisse RESH Probennahme und Analyse .....	88
Anhang D	Ergebnisse Batchversuch .....	91
Anhang E	Ergebnisse Deep Dismantling .....	95

## Tabellen

Tabelle 1:	Gerätekategorien, ihrer typischen Bestandteile und Zusammensetzungen.....	4
Tabelle 2:	Auswahl relevanter STM in Fahrzeugen und deren typischen Anwendungen.....	5
Tabelle 3:	Liste der Berichte zum Projekt EVA II .....	6
Tabelle 4:	Einteilungsschema nach Anzahl Nennungen und Anzahl Ersätze.....	17
Tabelle 5:	Anzahl Nennungen einzelner Geräte in den Fragen zu den wichtigsten EEG.....	18
Tabelle 6:	Die 10 häufigsten ersetzen EEG total und relative Anteile an allen ersetzen EEG.....	19
Tabelle 7:	Fokus-Geräte .....	20
Tabelle 8:	Parameter für die Extrapolation .....	26
Tabelle 9:	Extrapolation der Anzahl Geräte Ersätze auf Schweizer Ebene .....	28
Tabelle 10:	Wichtige Begriffe des Versuchs.....	31
Tabelle 11:	Beschreibung der Messmethodik von STM-Massenanteilen in RESH.....	33
Tabelle 12:	Schätzung des Rückgewinnungspotenzials ausgewählter STM in Massen sowie finanziellem Wert (LME).....	45
Tabelle 13:	Aus dem Batchtest ausgeschlossenes Material.....	48
Tabelle 14:	Eingangsmaterial für EEG Batchversuch.....	48
Tabelle 15:	Aggregierte Fraktionen der mechanische Behandlung und ihre typischen Inhaltsstoffe.....	49
Tabelle 16:	Probenahme der in Tabelle 11 definierten Fraktionen und Parameter jeder Probe.....	50
Tabelle 17:	Masse der Fraktionen für jeden Batch und Vergleich mit der Masse des Outputmaterials.....	52
Tabelle 19:	Komponentenliste mit Definition, Zerlegungsregel und Beispielbild .....	56
Tabelle 20:	Unterschied alle Motoren mit grossen Motoren (>100g).....	64
Tabelle 21:	Kunststoffsorten der Kunststoffteile.....	64
Tabelle 22:	Datenquellen der Datenbank.....	65
Tabelle 23:	Datengruppen der verschiedenen Auflösungsebenen.....	65
Tabelle 24:	Übersicht der wichtigsten verwendeten Parameter in der Datenbank .....	67

## Abbildungen

Abbildung 1: Illustrierung der Nomenklatur zur Kategorisierung der EEG im Rahmen des Projekts EVA II. Wie für die in dieser Abbildung dargestellte Gerätekategorie "Steuergeräte" enthält auch die Gerätekategorie "Aktuatoren" mehrere Gerätetypen. Die Gerätekategorie "Scheinwerfer" enthält jedoch nur den Gerätetyp "Scheinwerfer (vorne und hinten)", was in der Abbildung durch identische Bilder in beiden Spalten dargestellt ist. Auf der rechten Seite wird am Beispiel der Scheinwerfer dargestellt, dass ein bestimmter Gerätetyp mehrfach in einem Fahrzeug vorkommen kann.....	3
Abbildung 2: Konzeptuelle Architektur des Gesamtmodells (EVA II).....	7
Abbildung 3: Übersicht über das modellierte schweizerische Altfahrzeugverwertungssystem.....	9
Abbildung 4: Anzahl Garagen nach Schweizer Grossregionen.....	13
Abbildung 5: Garagetypen in der Umfrage .....	13
Abbildung 6: Verteilung der Antwort "Anderes" zum Verbleib der ausgebauten EEG.....	14
Abbildung 7: Verteilungen von Reparaturarbeiten an PKWs in Deutschland (Quelle: DAT Report 2021).....	15
Abbildung 8: Schadenhäufigkeit Occasionen (Quelle: CarGarantie AG, 2021).....	16
Abbildung 9: Anzahl Nennungen und absolute Anzahl nach EEG-Kategorie.....	17
Abbildung 10: Verteilung EEG bezüglich relativem Anteil in Top 5 .....	18
Abbildung 11: Lineare Extrapolation der Mittelwerte der Ersätze der fünf häufigsten Geräte. ....	19
Abbildung 12: Gesamtverteilung der EEG*. .....	20
Abbildung 13: Verbleib der EEG nach Kategorien.* .....	21
Abbildung 14: Verbleib aller EEG der Kategorie Aktuatoren.....	21
Abbildung 15: Verbleib aller EEG der Kategorie Controller.....	22
Abbildung 16: Verbleib des Geräts "Generator/Alternator" .....	22
Abbildung 17: Verbleib des Geräts "Scheinwerfer/Beleuchtung" .....	23
Abbildung 18: Verbleib des Geräts "Fensterheber" .....	23
Abbildung 19: Verbleib des Geräts "Anlasser" .....	24
Abbildung 20: Verbleib des Geräts "Steuergerät Infotainment (Sound, Navigation, Multimedia)" .....	24
Abbildung 21: Verbleib des Geräts "Steuergerät Bordnetz/Karosserie" .....	25
Abbildung 22: Anzahl Reparaturen pro Fahrzeug pro Jahr in Deutschland zwischen 2011 und 2020 .....	28
Abbildung 23: Beispielbild RESH des Experiments, aufgenommen nach der Probennahme bei der KEZO.....	32

Abbildung 24: Illustration des Unterschieds zwischen Messgenauigkeit gegenüber Messpräzision.....	34
Abbildung 25: Grafische Darstellung der Probennahme. Dem RESH (braune Punkte) wurden alle 15 Sekunden Proben entnommen, zuerst für Probe M-1 und danach für Probe M-2 .....	35
Abbildung 26: Beispiele der Probennahme mittels Schaufeln.....	36
Abbildung 28: Ablauf des Experiments .....	38
Abbildung 28: Ergebnisse der statistischen Analyse. Die grüne Skala zeigt die STM für jedes Paar von Messreihen an, zwischen denen ein signifikanter statistischer Unterschied festgestellt wurde (je dunkler das Grün, desto signifikanter der Unterschied). Die Farben Blau und Rot zeigen für jeden Batch die STM an, für die der Varianzkoefizient am niedrigsten bzw. am höchsten ist.....	39
Abbildung 29: Rückgewinnungsraten in % für Yttrium und Ytterbium in den acht Teilproben .....	40
Abbildung 29: Massenanteile der analysierten Elemente mit entsprechenden Größenordnungen (ppm). "MIT" repräsentiert den Batch mit Motoren, und "OHNE" den Batch ohne Motoren. ....	43
Abbildung 32: Erzeugte Fraktionen für die 3 Gerätekategorien aus dem EEG Batchversuch.....	52
Abbildung 33: Zeitlicher Ablauf des Deep Dismantling .....	54
Abbildung 34: Manuelle Zerlegung .....	55
Abbildung 35: Kombiinstrument vor und nach der Zerlegung* .....	55
Abbildung 37: Anzahl Geräte pro Gerätekategorie.....	62
Abbildung 38: Durchschnittsmasse und Anteil an Komponenten pro Gerätekategorie.....	63

## Abkürzungsverzeichnis

AGVS	Autogewerbeverband Schweiz
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BEV	Battery Electric Vehicle (engl.); Fahrzeug mit reinem Elektroantrieb
dMFA	dynamic Material Flow Analysis (engl.); dynamisches Massenflussmodell
EAG	Elektronik Altgeräte
EEG	Eingebettete Elektronikgeräte in Fahrzeugen
EF3.0	Environmental Footprint Methode (Version 3.0)
EVA	Elektronik Verwertung Altautos
Fhz	Fahrzeug
GWP	Global Warming Potential (engl.); Treibhauspotenzial
HEV	Hybrid Electric Vehicle (engl.); Fahrzeug mit Hybridantrieb
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle (engl.); Fahrzeug mit Verbrennungsantrieb
JRC	"Joint Research Center" der Europäische Kommission
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (engl.); Fahrzeug mit Plug-in Hybridantrieb
PM	Permanentmagnet
PKW	Personenkraftwagen
RESH	Reststoffe Schredder/Schredderleichtfraktion
STM	Seltene Technologiemetalle
SARS	Stiftung Auto Recycling Schweiz
Swico	Wirtschaftsverband der Information Communication Technology und Online Branche
UBP	Umweltbelastungspunkte
VREG	Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte vom 20. Oktober 2021 (Stand am 1. Januar 2022) – SR 814.620
VRB	Vorgezogener Recyclingbeitrag
VEG	Vorgezogene Entsorgungsgebühr
xEV	Fahrzeuge mit Elektroantrieb (BEV, PHEV oder HEV)

## Begriffsverzeichnis

Aktuatoren	Geräte, die Bewegungsfunktionen im Fahrzeug ausführen.
Altfahrzeug	Ein Fahrzeug, welches ans Ende der Lebensdauer angekommen ist.
Ausbaugerät	Ein EEG, welches aufgrund der VREG zwingend aus den Fahrzeugen ausgebaut und separat rezykliert werden muss.
Baseline	Name des Szenarios, das das bestehende Altfahrzeugrecyclingsystem in der Schweiz darstellt (im Referenzjahr 2021)
Bestandteile	Elektrische und elektronische Teile von Geräten, die für den Betrieb der Geräte unabdingbar sind.
Deep Dismantling	"Tiefenzerlegung" auf Englisch. Dieser Ausdruck beschreibt ein Experiment des Projekts EVA II wo EEG in ihre Bestandteile ausführlich zerlegt wurden.
EEG Ausbau	Name des Szenarios, in dem die EGG aus den Fahrzeugen ausgebaut werden und gemäss den Anforderungen an die Entsorgung der VREG stofflich verwertet werden.
Eingebettete Elektronikgeräte	Elektronikgeräte, welche im Fahrzeug eingebettet sind. Sie über Steuerungs- (Steuergeräte), Mess- (Sensoren), Bewegungsfunktionen (Aktuatoren) oder noch andere Funktionen (Beleuchtung, Energie- und Informationsübertragung) aus.
Finanzierungssystem	Ein System, das die Finanzierung der Entsorgung eines Produkts organisiert und sicherstellt. Es kann auf freiwilliger Basis zum Beispiel im Rahmen einer Branchenlösung eingeführt oder vom Bund vorgeschrieben werden. Im Fall von einem freiwilligen Finanzierungssystem, schliessen sich die Hersteller und Rücknahmepflichtigen an, um die Finanzierung von den von ihnen in Verkehr gebrachten Produkten sicherzustellen. In den meisten Fällen führt die Organisation einen Fonds und erhebt einen vorgezogenen Recyclingbeitrag beim Verkauf des Produkts. Der Fonds wird für die Finanzierung der Entsorgung verwendet.
Fraktion	Output einer Behandlung von EAG und EEG entsteht.
Funktionelle Einheit	Bezugs-/Vergleichsgrösse im Untersuchungsrahmen für Analysemethoden wie die Ökobilanz.

Gerätetyp	Geräte, welche dieselbe Funktion, ähnliches Design sowie einen ähnlichen Aufbau und eine ähnliche Zusammensetzung besitzen. Die Konzepte "Gerätekategorie" und "Gerätetyp" sind im Kapitel 1.2 genau definiert.
Gerätekategorie	Eine Kategorie bestehend aus verschiedenen Gerätetypen, welche eine ähnliche Zusammensetzung und Verhalten in der mechanischen Behandlung zeigen. Die Konzepte "Gerätekategorie" und "Gerätetyp" sind im Kapitel 1.2 genau definiert.
Ökobilanz	Eine systematische Analyse der potenziellen Umweltwirkungen von Produkten/Prozessen während des gesamten Lebenszyklus.
Reststoffe Schredder	Diejenige Fraktion, welche im Luftstrom eines Schredders entsteht und einen hohen Kunststoffanteil und den Grossteil der STM, die in EEG vorkommen, enthält. Wird als RESH abgekürzt.
Seltene Technologiemetalle / Seltene technische Metalle	Metalle wie zum Beispiel Gold, Neodym oder Kobalt, die aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften wie Leitfähigkeit oder Magnetismus unverzichtbar für komplexe Technologieprodukte und relativ selten in der Erdkruste sind (<0.01% der Masse).
Sensoren	Geräte, welche Messfunktionen im Fahrzeug ausführen.
Steuergeräte	Geräte, welche Steuerungsfunktionen im Fahrzeug ausführen.
Trockenlegung	Die Entfernung gefährlicher Bestandteile wie Batterien und Flüssigkeiten bei Altfahrzeugen vor der Weiterbehandlung im Grossschredder.

## Zusammenfassung

Dieser Bericht enthält die Dokumentation der im Rahmen des Projekts EVA II durchgeföhrten Aktivitäten zur Datenerfassung von in Fahrzeugen eingebetteten elektronischen Geräten (EEG). Die Anzahl, der Wert sowie die Umweltrelevanz dieser Geräte der Fahrzeugelektronik hat in den letzten Jahren zugenommen. Ein Grossteil der EEG wird heute nicht entfernt und separat rezykliert, wenn ein Fahrzeug am Ende seines Lebenszyklus angelangt ist. Im aktuellen System werden die im Fahrzeug noch vorhandenen EEG gemeinsam mit dem Rest des Fahrzeugs in einem Grossschredder mechanisch behandelt. Die in EEG enthaltenen STM konzentrieren sich nach dieser mechanischen Behandlung in der Schredderleichtfraktion (RESH) auf, welche mit den Siedlungsabfällen verbrannt wird. Dabei geht der grösste Teil der enthaltenen STM verloren.

Ein Ziel des Projekts EVA II war es, dass Rückgewinnungspotenzial der in EEG enthaltenen seltenen Technologiemetalle durch separates Recycling der Geräte zu untersuchen. Dies unter Berücksichtigung der Bedingungen der VREG, dass der Ausbau und das separate Recycling wirtschaftlich tragbar und ökologisch sinnvoll ist, um eine Ausbaugeräteliste für bestimmte Gerätetypen zu definieren.

Das Projekt umfasste hierzu eine Anzahl an Aktivitäten zur Verbesserung der Datengrundlage. Eine durchgeföhrte Umfrage unter Schweizer Autogaragisten gab Rückschlüsse auf den Ersatzteilmarkt der EEG aus Altfahrzeugen sowie die Häufigkeit einer Reparatur pro Gerätetyp. Dies diente der Modellierung der Materialströme der EEG im Schweizer Recyclingsystem. Weiter wird der Ablauf eines im Rahmen des Projekts durchgeföhrten Batchversuchs beschrieben, zur Messung des Verlusts an STM bei der heutigen Fahrzeugverwertung. Für die Datenbeschaffung zur Zusammensetzung von EEG-Kategorien, sowie des Verhaltens der Geräte in einer für Elektroschrott spezialisierten Recyclinganlage, wurde ein Batchversuch durchgeföhr. Weitere im Rahmen des Projekts durchgeföhrte Aktivitäten sind umfassende Zerlegeversuche (Deep Dismantling) für die Datenbeschaffung zur Zusammensetzung ausgewählter EEG. Diese verschiedenen Experimente ermöglichen eine gute Datenlage für die Modelle zur Untersuchung des Rückgewinnungspotenzials der EEG. Die Sammlung aller generierten Daten zu EEG aus früheren Studien, wissenschaftlicher Literatur sowie den beschriebenen Datenbeschaffungsaktivitäten im Rahmen von EVA II sind im letzten Kapitel dieses Berichts beschrieben.

# 1 Einleitung

## 1.1 Kontext

Moderne Personenwagen enthalten eine beträchtliche Menge an eingebetteten elektronischen Geräten (EEG). Im Durchschnitt wird das Gesamtgewicht aller EEG pro Fahrzeug auf 30 bis 50 kg geschätzt [1]. In den letzten Jahren hat die Anzahl dieser Geräte stark zugenommen. Ähnlich wie Heimelektronikgeräte (Computer, Telefon, Drucker, Bildschirme usw.) bestehen diese grösstenteils aus Industriemetallen (Eisen, Aluminium und Kupfer). Sie enthalten aber auch viele Seltene Technologiemetalle (STM) wie Edelmetalle (wie Gold, Silber, oder Platinum zum Beispiel) Indium, Lithium, Germanium, Neodym oder Tantal [1]. In Anbetracht des Schweizer Fahrzeugbestands von 4.7 Millionen Fahrzeugen im Jahr 2020 sowie der Verschrottung von über 60'000 Altfahrzeugen pro Jahr, wird das signifikante Rückgewinnungspotenzial der STM aus Fahrzeugen deutlich.

Ein Grossteil der EEG wird heute nicht entfernt und separat rezykliert, wenn ein Fahrzeug am Ende seines Lebenszyklus angelangt ist. Im aktuellen System werden die im Fahrzeug noch vorhandenen EEG gemeinsam mit dem Rest des Fahrzeugs in einem Grossschredder behandelt. Die in EEG enthaltenen seltenen Technologiemetalle konzentrieren sich nach dieser mechanischen Behandlung in der Schredderleichtfraktion (RESH) auf, welche gemeinsam mit den Siedlungsabfällen verbrannt wird. Dabei geht der grösste Teil der enthaltenen STM verloren<sup>1</sup>.

In den Jahren 2016 bis 2021 wurde die Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) revidiert und auf den 1. Januar 2022 in Kraft gesetzt. Sie sieht vor, dass die in Fahrzeugen enthaltenen EEG gemäss den Anforderungen an die Entsorgungen (Artikel 10) separat rezykliert werden müssen, sofern deren Ausbau mit verhältnismässigem Aufwand möglich und deren stoffliche Verwertung nach dem Stand der Technik sinnvoll ist. Das UVEK wird den Geltungsbereich in einer departmentalen Verordnung regeln. Für Geräte und Bestandteile aus Fahrzeugen, die unter die VREG fallen, unterstehen die Hersteller einer kostenlosen Rücknahme- und Entsorgungspflicht (Artikel 6 und 9):

*Art. 1 Zweck*

*(...)*

*<sup>2</sup> Die zu entsorgenden Geräte und Bestandteile sollen getrennt von den übrigen Abfällen gesammelt und die in den Geräten und Bestandteile enthaltenen verwertbaren Stoffe zurückgewonnen werden, soweit dies **technisch möglich, wirtschaftlich tragbar und ökologisch sinnvoll ist***

*Art. 2 Gegenstand und Geltungsbereich*

*(...)*

---

<sup>1</sup> In bestimmten Anlagen wie in der KEZO in Hinwil wird die Schlacke aus der Verbrennung aufbereitet. Ein Anteil der darin enthaltenen Metallen kann so zurückgewonnen werden. Die Rückgewinnungsrate für Metalle im RESH ist unbekannt (siehe auch: <https://www.zar-ch.ch>). In der Praxis herrscht jedoch ein Konsens darüber, dass eine getrennte Sammlung und Recycling von Elektroschrott bei weitem die besten Ergebnisse in Bezug auf die stoffliche Verwertung von Metallen erbringt [2].

<sup>2</sup> Für fest installierte Geräte und Bestandteile in Bauten, **Fahrzeugen** oder sonstigen Gegenständen gilt die Verordnung, wenn deren Ausbau mit **verhältnismässigem Aufwand** möglich und deren stoffliche Verwertung nach dem Stand der Technik sinnvoll ist.

(...)

<sup>4</sup> Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) bestimmt die Geräte und Bestandteile nach den Absätzen 1–3.

(...)

#### Art. 9 Entsorgungspflicht

<sup>1</sup> Die Rücknahmepflichtigen müssen die Geräte und Bestandteile entsorgen, die sie nicht weiterverwenden und nicht an andere Rücknahmepflichtige übergeben. Sie können Dritte damit beauftragen.

#### Art. 10 Anforderungen an die Entsorgung

<sup>1</sup> Wer Geräte und Bestandteile entsorgt, muss sicherstellen, dass die Entsorgung umweltverträglich und nach dem Stand der Technik erfolgt; insbesondere müssen:

(...)

- c) stofflich verwertbare Bestandteile wie Eisen, **Basis- und Edelmetalle** sowie **Kunststoffe und Gläser** entsprechend verwertet werden;
- d) **seltene Technologiemetalle** wie Indium, Gallium, Germanium, Neodym und Tantal, zurückgewonnen werden, wenn es dafür entsprechende Verfahren oder Anlagen gibt;
- e) nicht stofflich verwertbare Bestandteile wie schadstoffbelastete Kunststoffe und Gläser thermisch verwertet oder thermisch beseitigt oder andernfalls abgelagert werden.

## 1.2 Eingebettete elektronische Geräte und ihre Klassifizierung

EEG umfassen alle Geräte im Fahrzeug, welche mit elektrischem Strom funktionieren und entweder mit der zentralen Energieversorgung verbunden oder mit einer eigenen Versorgung durch Batterien (wie z.B. für Reifendrucksensoren) ausgestattet sind.

In diesem Projekt wurden EEG in verschiedene Gerätetypen zusammengefasst. EEG, die eine ähnliche Funktion erfüllen, ähnliche Bestandteile enthalten und eine ähnliche Zusammensetzung haben, werden einem bestimmten Gerätetyp zugeordnet. Diese Gerätetypen sind die Grundlage, auf der die Analysen und Vergleiche durchgeführt werden, um kohärente und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Die Zuordnung zu einem bestimmten Gerätetyp wurde von Fall zu Fall geprüft. Dies ist aus mehreren Gründen erforderlich: Identische EEG können je nach Hersteller unterschiedliche Bezeichnungen haben. Zusätzlich werden vermehrt Funktionen, die früher von mehreren EEG bereitgestellt wurden, in ein einziges Gerät integriert. Der Grad der Integration hängt von der Fahrzeugklasse, der Marke und vor allem vom Baujahr ab. In der Vergangenheit waren beispielsweise das Autoradio und das GPS zwei getrennte Geräte. Heute gibt es jedoch in der Regel ein grosses Multimedia-Modul, welches die Funktionen des Autoradios und des GPS vereint. Trotz ihrer funktionalen Unterschiede wurden die Geräte Autoradio, GPS-Navigator und

Multimedia-Einheit dem gleichen Gerätetyp "Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)" zugeordnet.

Gerät	Gerätetyp	Gerätekategorie	Durchschnittsmasse/-anzahl pro Fahrzeug
			
Pioneer MVH-130DAB - Autoradio			
			
7021A-16G 7 inch 2 DIN Android Car MP5 Player Stereo Car Radio Car Multimedia Player Support GPS Navigation	*Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)*	*Steuergerät*	4 x *Scheinwerfer (vorne und hinten)* 4 x 2223 g = 8892 g pro Fhz
			
Hauptscheinwerfer ABAKUS 212-11K2L-LD-EM	*Scheinwerfer (vorne und hinten)*	*Scheinwerfer*	
			
Heckleuchte ABAKUS 215-19K6L-LD-UE			

Abbildung 1: Illustrierung der Nomenklatur zur Kategorisierung der EEG im Rahmen des Projekts EVA II. Wie für die in dieser Abbildung dargestellte Gerätekategorie "Steuergeräte" enthält auch die Gerätekategorie "Aktuatoren" mehrere Gerätetypen. Die Gerätekategorie "Scheinwerfer" enthält jedoch nur den Gerätetyp "Scheinwerfer (vorne und hinten)", was in der Abbildung durch identische Bilder in beiden Spalten dargestellt ist. Auf der rechten Seite wird am Beispiel der Scheinwerfer dargestellt, dass ein bestimmter Gerätetyp mehrfach in einem Fahrzeug vorkommen kann.

Gerätetypen ihrerseits können in verschiedene Gerätekategorien eingeteilt werden (siehe Tabelle 1):

- Die Kategorie "**Steuergerät**" (auch Controller genannt) umfasst alle Geräte, die Steuerungsaufgaben im Fahrzeug übernehmen, wie beispielsweise die Steuerung der Klimaanomatik.
- Die Kategorie "**Aktuator**" umfasst Geräte, welche mit Hilfe von Bestandteile wie kleinen Elektromotoren, Magnetventilen und dergleichen Bewegungsfunktionen übernehmen, wie zum Beispiel der Fensterhebemotor.
- Die Kategorie "**Sensor**" wird in EVA II nicht berücksichtigt, da solche Geräte meist sehr klein sind und keine relevanten Mengen an Metallen enthalten [2].

Zusätzlich gibt es noch einzelne Gerätetypen, die nicht diesen Kategorien zugeordnet werden können, da sie im Vergleich dazu eine andere stoffliche Zusammensetzung haben und bei der Behandlung in einer Recyclinganlage unterschiedliche Outputfraktionen produzieren. Dazu zählen folgende Kategorien:

- Die Kategorie "**Schweinwerfer**", die nur den Gerätetyp "Front- und Rückscheinwerfer" enthält

- Die Kategorie "Kabel", die nur die Gerätetypen "Kabelbaum" und "Ladekabel" enthält, umfasst Geräte welcher die anderen EEG miteinander verbindet, um Strom und Informationen zu übertragen.

Tabelle 1: Gerätetypen und ihrer typischen Bestandteile und Zusammensetzungen

Gerätetypen	Im Projekt berücksichtigt	Typische Bestandteile	Kommentar
Aktuatoren	JA	Elektromotoren, Permanentmagnete	Permanentmagnete können Seltenerdmetalle (STM wie Nd, Dy...) enthalten. Sonst ist diese Kategorie Kupfer- und Eisenreich.
Steuergeräte	JA	Leiterplatten	Diese Kategorie enthält deutlich mehr Edelmetalle (STM wie Au, Ag, Pd, ...) als die andere.
Kabel	JA	Kupferkabel, Stecker	Enthält insbesondere Kupfer und Kunststoffe
Scheinwerfer	JA	Elektromotoren, Leiterplatten, durchsichtigen Kunststoff (PMMA)	Besteht nur aus den Gerätetyp "Scheinwerfer (vorne und hinten)". Enthält wertvolle Kunststoffe (wie PMMA) und Edelmetalle. Kann in bestimmten Fällen kleine Mengen vom Schadstoff Quecksilber enthalten
Sensoren	NEIN		Zu klein, um stofflich relevant zu sein. Diese Kategorie wurde in EVA nicht berücksichtigt.

Gerätetypen bestehen aus einer Anzahl an immer gleichen Bestandteilen. Beispielsweise enthalten EEG der Kategorie "Aktuator" immer den Bestandteil "Elektromotor" und Magnete. Leiterplatten sind ebenfalls ein meist vorkommender Bestandteil der EEG Kategorie "Steuergerät".

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist die Variation der durchschnittlichen Masse eines Gerätetyps pro durchschnittlichem Fahrzeug. Ein durchschnittliches Fahrzeug (für das Referenzjahr 2021) enthält beispielsweise 4 "Front- und Rückscheinwerfer", die im Durchschnitt jeweils 2.2 kg wiegen, was eine Gesamtmasse von 8.9 kg für diesen Gerätetyp ergibt. Ein durchschnittliches Fahrzeug enthält aber nur 0,98 "Steuergeräte Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)", die jeweils 1'610 g wiegen<sup>2</sup>, was einer Gesamtmasse von 1'578 g dieses Gerätetyps pro durchschnittlichem Fahrzeug im Referenzjahr 2021 entspricht (siehe Abbildung 1).

Die Listen aller im Projekt identifizierten und als relevant erachteten Gerätetypen und ihre Bestandteile befinden sich im Anhang (ANHANG A und ANHANG B).

### 1.3 Seltene Technologiemetalle

Den seltenen Technologiemetallen (STM) werden Edel-, Seltenerd-, sowie weitere spezielle Metalle zugeordnet, die in der Erdkruste in niedrigen Gehalten vorhanden sind [1], [3]. STM besitzen

<sup>2</sup> Das bedeutet, dass von 100 Fahrzeugen 98 eines enthalten und 2 nicht

spezielle physikalische Eigenschaften, welche in verschiedenen Technologien, vor allem in der Elektronik, essentiell sind. Das macht sie in vielen Fällen unersetzlich und sie sind oft von hohem strategischem Wert. Die heutigen Rückgewinnungsquoten sind allerdings für viele der STM aufgrund technologischer und ökonomischer Hürden sehr tief [4]. Die VREG sieht in den Anforderungen an die Entsorgung ihre Rückgewinnung im Prinzip vor.

Bei den Seltenerdmetallen wie Neodym oder Dysprosium ist der Recyclinganteil in neuen Anwendungen geringer als 1 Prozent. Dies, obwohl die Versorgungssicherheit dieser Metalle aus Primärproduktion in Zukunft nicht gegeben ist und diese Metalle nebst vielen Weiteren von der Europäischen Union als kritische Rohstoffe (Critical Raw Materials) eingestuft werden [2], [4], [5]. Neodym und Dysprosium werden in leistungsfähigen Permanentmagneten verwendet, welche für Schlüsseltechnologien der Energiewende wie E-Mobilität, Windenergie sowie weiteren wachstumsstarken Anwendungen benötigt werden. Die Primärproduktion der STM ist oft stark umweltbelastend, da aufgrund ihrer niedriger Gehalte in den Minen unter hohem Energieaufwand und der Verwendung hoher Mengen an Chemikalien grosse Mengen an Gestein abgebaut werden müssen. Die Rückgewinnung von STM ist daher von beträchtlicher wirtschaftlicher, strategischer sowie ökologischer Bedeutung [6]. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht an typischen STM, welche in Fahrzeugen zu finden sind.

Tabelle 2: Auswahl relevanter STM in Fahrzeugen sowie deren typischen Anwendungen

STM Kategorie	STM	Typische Anwendungen [7]
Edelmetalle	Gold (Au)	Elektronik, Leiterplatten, Stecker
	Silber (Ag)	Elektronik, Leiterplatten, Stecker
	Palladium (Pd)	Elektronik, Katalysatoren
	Platin (Pt)	Elektronik, Katalysatoren
	Ruthenium (Ru)	Elektronik, Katalysatoren
	Rhodium (Rh)	Elektronik, Katalysatoren
Seltene Erden	Lanthan (La)	Metalllegierungen, Elektronik
	Neodym (Nd)	Permanentmagnete
	Dysprosium (Dy)	Permanentmagnete
	Praseodym (Pr)	Permanentmagnete
	Samarium (Sm)	Permanentmagnete
Weitere Übergangsmetalle	Kobalt (Co)	Magnete, Katalysatoren, Batterien
	Tantal (Ta)	Kondensatoren, Legierungen, Elektronik
Leichtmetalle	Lithium (Li)	Batterien

#### 1.4 Ziel des Projekts EVA II

Aufbauend auf den Resultaten des Projekts EVA I wurde 2019 als Fortsetzung das Projekt EVA II gestartet. Das Hauptziel des Projekts EVA II bestand darin, ein dauerhaftes System zur Überwachung (ein Monitoringsystem) des Lebenszyklus von EEG in Fahrzeugen zu entwickeln. Das Monitoringsystem soll bei der Bestimmung des Artikels 2 Absatz 2 der VREG als Unterstützung die-

nen, um die Frage zu beantworten für welche Geräte und Bestandteilen in Fahrzeugen der Ausbau verhältnismässig und die stoffliche Verwertung nach dem Stand der Technik sinnvoll ist. Dieses Monitoringsystem muss dafür folgende Aufgaben erfüllen können:

- A. Abschätzung der Kosten und des Umweltnutzens des Ausbaus und separaten Recyclings für jeden identifizierten Gerätetyp. Dies dient der Unterstützung des BAFU für die Festlegung des Geltungsbereichs der VREG in der Departementalen Verordnung. Diese wird eine Liste der Gerätetypen enthalten, die separat ausgebaut werden und gemäss den Anforderungen der VREG entsorgt werden müssen (sogenannte Ausbaugeräteliste).
- B. Simulation von Zukunftsszenarien der EEG- und STM-Massenflüsse im Altfahrzeug-Recyclingsystem durch die Entwicklung der Schweizer Fahrzeugflotte als Entscheidungshilfe für die Akteure im System.
- C. Bestimmung der aktuellen Leistung des Schweizer Altfahrzeug-Recyclingsystems in Bezug auf Verluste und Rückgewinnung von STM und anderer Wertstoffe in EEG.

Als Grundlage aller Arbeiten von EVA II wurden verschiedene Berichte erstellt (Übersicht inklusive der Zuordnung der Berichte zu der präsentierten Aufgaben A, B und C, siehe Tabelle 3). Die für die detaillierten Resultate wird auf die entsprechenden Berichte verwiesen.

Tabelle 3: Liste der Berichte zum Projekt EVA II

ID	Titel des Berichts	Aufgabe	Inhalt
B1	Dynamisches Stoffflussmodul [8]	A, B, C	Beschreibung des dMFA-Moduls des Gesamtmodells mit illustrativen Ergebnissen der Fahrzeug-, Gerät- und Elementemassenströme in der Schweiz.
B2	Materialverwertungsmodul [9]	C	Beschreibung des Moduls zur Materialrückgewinnung mit den Ergebnissen der zurückgewonnenen Materialien für jede Gerätekategorie und jeden Gerätetyp.
B3	Wirtschaftsmodul [10]	A	Beschreibung des Wirtschaftsmoduls mit den Ergebnissen der Kosten des Ausbaus und separatem Recycling für jeden Gerätetyp.
B4	Ökobilanzmodul [11]	A	Beschreibung des Ökobilanzmoduls mit den Ergebnissen der Umweltbilanz des Ausbaus und separatem Recycling für jeden Gerätetyp.
B5	Versuche und Datenbeschaffung [12]	A, C	Beschreibung der Methodik und der Ergebnisse aller durchgeführten Experimente und Datenerfassungsaktivitäten sowie Beschreibung der Struktur der Datenbank mit allen benötigten Ergebnissen und Daten im Rahmen von EVA II.
B6	Zukünftige Materialflüsse in der Fahrzeugflotte [13]	B	Beschreibung der mit der Arbeitsgruppe entwickelten Flottenentwicklungsszenarien und Diskussion ihrer Auswirkungen auf die Materialströme im Schweizer Autorecyclingsystem.
B7	Synthesebericht [14]	A, B, C	Überblick auf die übergeordneten Ziele des Projekts EVA II und Zusammenfassung der wichtigsten im Rahmen des Projekts erarbeiteten Ergebnisse.

## 1.5 Das Gesamtmodell

Die im Kapitel 1.5 beschriebenen Aufgaben werden mit Hilfe der Modellierung des gesamten Schweizer Altfahrzeug-Recyclingsystems (das sogenannte "Gesamtmodell") erfüllt. Dieses Gesamtmodell lässt sich in vier Module aufteilen (siehe Abbildung 2):

1. Ein **dynamisches Massenflussmodell (dMFA-Modul)** wird verwendet, um die Anzahl, die Antriebstechnologie sowie die Masse von Fahrzeugen, die identifizierte Gerätetypen und die darin enthaltenen Bestandteile und Elemente während dem Lebenszyklus der EEG in der Schweiz zu bestimmen [15].
2. Ein **Materialverwertungsmodul** ermöglicht die Simulation verschiedener Verwertungswege und berechnet die zurückgewonnene Masse ausgewählter Metalle und Kunststoffe aus allen in der Studie identifizierten Gerätetypen, wenn sie in einer E-Schrott Recyclinganlage behandelt würden [9].
3. Ein **Ökobilanzmodul** wird zur Berechnung der Umweltauswirkungen des Ausbaus und getrennten Recyclings von Gerätetypen im Vergleich zu ihrer Behandlung in einem Grossschredder in Fahrzeuge verwendet. Es dient dazu, den Umweltnutzen der Aufnahme eines bestimmten Gerätetyps in die Ausbaugerätelisten zu berechnen [11].
4. Ein **Wirtschaftsmodul** wird verwendet, um die Kosten des Ausbaus und getrennten Recyclings von bestimmten Gerätetypen zu schätzen. Es dient dazu, die Kosten der Aufnahme eines bestimmten Gerätetyps in die Ausbaugerätelisten zu berechnen [10].

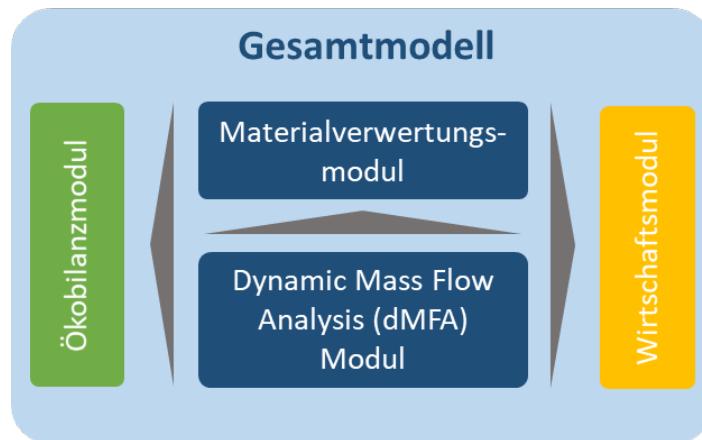


Abbildung 2: Konzeptuelle Architektur des Gesamtmodells (EVA II)

Im Gesamtmodell wird das schweizerische Altfahrzeugverwertungssystem abgebildet. Die Architektur des Systems mit nummerierten Prozessen und Datenebenen der Stoffflüsse ist in Abbildung 4 dargestellt. Eingangsgröße in das Modell ist der Fahrzeugbestand (Prozess 1). Infolge von Reparaturen können während der Fahrzeugglebensdauer EEG ausgetauscht werden (Prozess 4). Ersetzte EEG werden entweder zurück an den Hersteller geschickt, um wiederaufbereitet zu werden oder in E-Schrott Recyclinganlagen behandelt (Prozess 17). Aufgrund von Unfällen oder wegen des Alters verlässt ein Teil der Fahrzeuge den Bestand (Prozesse 2 und 3) und gelangt in die Fahrzeugzerlegung von Altfahrzeugen (Prozess 5). Ein Teil dieses Abflusses wird exportiert, wozu auch der so genannte "unbekannte Verbleib" gezählt wird, während der Rest in der Schweiz

verwertet wird. Bei der Verwertung werden einige EEG aus den Altfahrzeugen entfernt und einzelne davon weiterverkauft, um bei der Fahrzeugreparatur als Ersatzteile wiederverwendet zu werden. Parallel findet bei diesem Prozess die Trockenlegung der Fahrzeuge statt. Die EEG, die zukünftig als Gerätetypen der Ausbaugeräteliste definiert werden (siehe 1.1), werden ausgebaut, bevor das Altfahrzeug in den Schredder gelangt (Prozess 10). Alle EEG, die nicht vorher ausgebaut wurden, werden zusammen mit den Fahrzeugen geschreddert. Die in geschredderten EEG enthaltenen Materialien werden dabei auf die Ausgangsfraktionen des Schredders verteilt, welche in die folgenden finalen Fraktionen zusammengefasst werden können: Die Schredderleichtfraktion (RESH) und die Metallfraktionen (diese Fraktionen enthalten meist einen Restanteil von Kunststoffen). Der RESH wird thermisch verwertet, in bestimmten Fällen werden nach der Verbrennung aus der Schlacke Metalle zurückgewonnen (Prozess 13 bzw. 14). Die Metallfraktionen aus dem Schredder gelangen in verschiedene Metallrecyclingprozesse (Prozess 15), wo ein Teil der Materialien zurückgewonnen wird. Ausgebaute Geräte gelangen in das EEG Recycling, welches durch das Materialverwertungsmodul modelliert wird (Prozess 17).

Das System ist in verschiedene Modellebenen eingeteilt, dargestellt durch die Farbe der Verbindungspfeile in der Abbildung 3. Blau gekennzeichnet sind alle Stoffflüsse, bei denen ganze Fahrzeuge und die darin enthaltenen EEG und darin enthaltene Elemente von einem Prozess in den Nächsten gelangen. In orange werden Stoffflüsse gekennzeichnet, bei denen nur EEG, ihre Bestandteile und die darin enthaltene Elemente (siehe ANHANG A und ANHANG B für vollständige Liste der Bestandteile und Gerätetypen) transferiert werden. In Gelb werden Stoffflüsse gekennzeichnet, bei denen nur Fraktionen und Elemente transferiert werden.

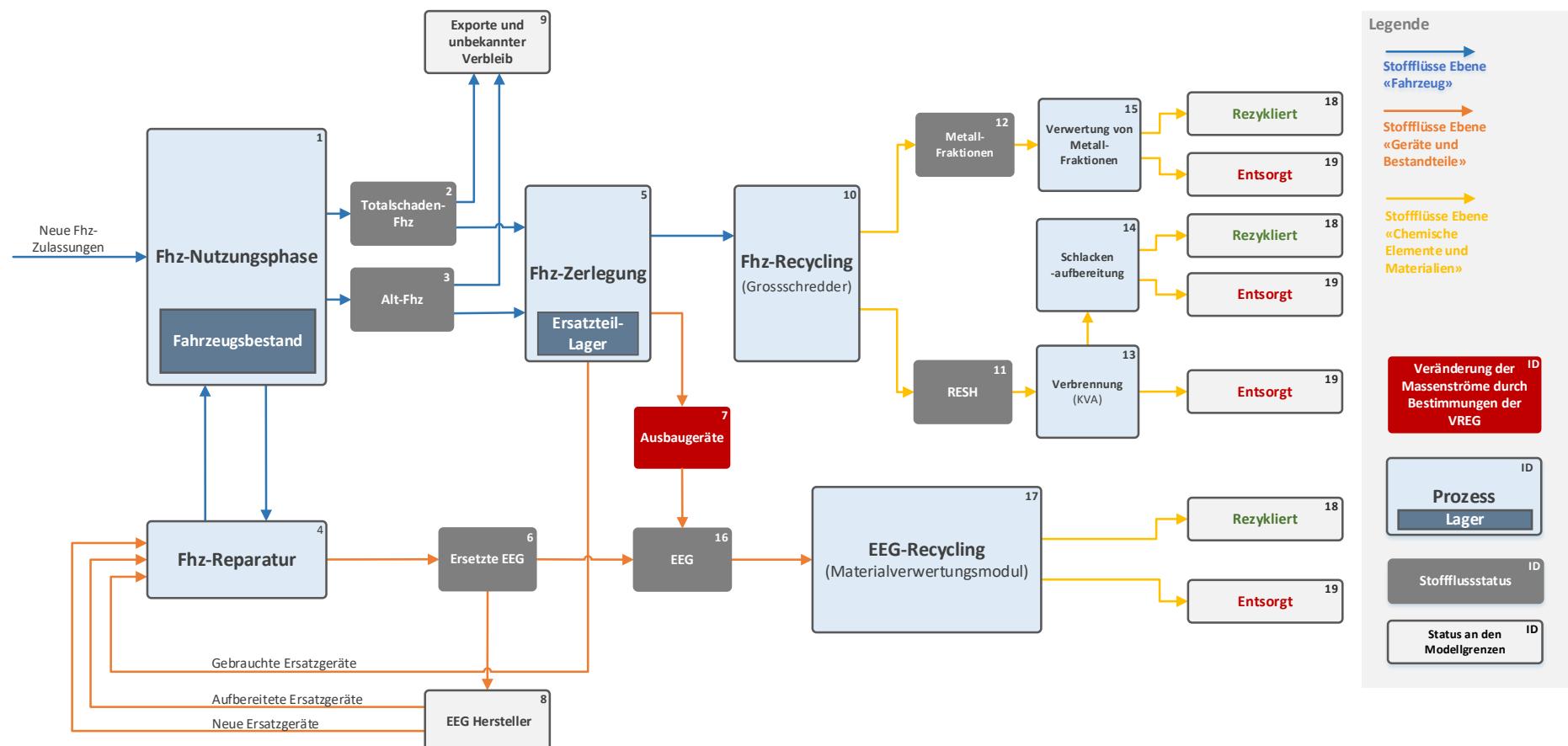


Abbildung 3: Übersicht über das modellierte schweizerische Altfahrzeugverwertungssystem

## 1.6 Inhalt des Berichts

Der vorliegende Bericht beschreibt die im Rahmen von EVA II durchgeföhrten Aktivitäten und Experimente, die notwendig sind, um die Grundlagen zu erarbeiten, welche es erlauben das System modellieren zu können.

Der Bericht enthält die folgenden Aktivitäten für die genannten Zielsetzungen:

Zielsetzung 1: Verständnis des Materialstroms auf Geräteebele im Ersatzteilmarkt für die Modellierung des Systems

- **Umfrage zum Verbleib von Ersatzgeräten:** Für die Untersuchung wie viele EEG (nach Gerätetyp, Anteil und Anzahl) bei den Fahrzeugreparaturen ausgebaut werden, sowie zum Verbleib der Geräte, wurde eine Umfrage bei Autogaragen durchgeföhr. Die Ergebnisse fließen in das dMFA-Modul ein. (Kapitel 2)

Zielsetzung 2: Grundlagen der Zusammensetzung von EEG sowie Massenflüsse der STM

- **Entwicklung einer RESH Probennahme und Analyse Protokolls:** Um den Verlust an seltenen Technologiemetallen (STM) bei der heutigen Fahrzeugverwertung zu bestimmen, wurden ein Analyseexperiment zur Untersuchung des RESH durchgeföhr sowie ein Probennahme- und Messprotokoll entwickelt. Der Versuchsaufbau sowie die Ergebnisse sind in diesem Kapitel beschrieben. (Kapitel 3)
- **EEG Batchversuch:** Für die Datenbeschaffung zur Zusammensetzung von EEG-Kategorien sowie des Verhaltens der Geräte in einer für Elektroschrott spezialisierten Recyclinganlage wurde ein Batchversuch durchgeföhr. Der Versuchsaufbau sowie die Ergebnisse sind in diesem Kapitel beschrieben. Die Ergebnisse dienen der Modellierung des Materialverwertungs- sowie Ökobilanzmoduls. (Kapitel 4)
- **Deep Dismantling einer Auswahl an EEG:** Dieses Kapitel beschreibt die durchgeföhrten Zerlegeversuche (Deep Dismantling) für die Datenbeschaffung zur Zusammensetzung ausgewählter EEG, einschliesslich der Vorgehensweise sowie der Erkenntnisse. Die Resultate dienen der Modellierung des Materialverwertungs- sowie Ökobilanzmoduls. (Kapitel 5)

Zielsetzung 3: Sammlung aller Daten zu EEG in einer zentralen Datenbank

- **Datenbank und –struktur:** Der Inhalt dieses Kapitels beschreibt die Sammlung aller Daten zu EEG aus früheren Studien, wissenschaftlicher Literatur sowie den beschriebenen Datenbeschaffungsaktivitäten. Im Rahmen von EVA II wurde eine Datenbank geschaffen. Der Aufbau dieser Datenbank sowie die Struktur der Daten sind in diesem Kapitel beschrieben. (Kapitel 6)

## 2 Umfrage zum Verbleib von Ersatzgeräten

### 2.1 Einführung

Für die Entwicklung des dynamischen Massenflussmodells (dMFA) in EVA II werden Daten zum Umgang (Wartung, Reparatur und Ersatz) und Verbleib von EEG benötigt. (siehe Prozesse 4, 5, 6, 8 in Abbildung 3). Die Umfrage wurde mit dem Ziel durchgeführt, genaue Informationen zu Verbleib, Anzahl, Typ und Kategorien der EEG die während einer Reparatur ersetzt werden, zu erhalten.

Muss ein defektes EEG ersetzt werden, bestehen 3 Möglichkeiten:

1. Es wird ein Neugerät eingesetzt, welches der Garagist vom Hersteller oder anderen Verkaufsstellen bezieht.
2. Ein bereits benutztes, aber wiederaufbereitetes Gerät wird eingebaut (sog. Austauschgerät). Diese Option ist generell günstiger, als der Einbau eines neuen Geräts, allerdings nicht immer möglich.
3. Eine letzte Möglichkeit ist der Einbau eines Gebrauchtgeräts ohne Wiederaufbereitung, welches aus einem Ersatzteillager von beispielsweise Unfallfahrzeugen stammt. Diese Option ist meist noch günstiger, allerdings ist die Verfügbarkeit von genau passenden Geräten je nach Fahrzeugtyp oft nicht gewährleistet.

Für die ausgebauten EEG bestehen verschiedene Weiterleitungsmöglichkeiten. Die zwei zentralen Wege sind:

1. Ausgebaute EEG werden zum Hersteller zurückgeschickt, der prüft ob eine Wiederaufbereitung möglich ist. Wiederaufbereitete Geräte können als Austauschgeräte weiterverwendet werden.
2. Der zweite Weg ist die Entsorgung defekter Geräte. Diese werden von spezialisierten Unternehmen<sup>3</sup> gesammelt, gelagert, und normalerweise einer Recyclinganlage für Elektroschrott übergeben.

Spezifische Forschungsfragen, welche mit Hilfe der induktiven<sup>4</sup> Umfrage beantwortet wurden, sind:

- Welche Typen von EEG und wie viele (pro Gerätetyp) werden in der Schweizer Personenwagen-flotte im Rahmen von Fahrzeugreparaturen ersetzt?
- Was ist die Art der Ersatzgeräte (Neugerät, wiederaufbereitetes Gerät, Gebrauchtgerät) und wie ist die Verteilung bezüglich der drei Möglichkeiten?
- Was geschieht mit den ausgebauten und defekten EEG?

<sup>3</sup> Z.B. Altola AG, Häfeli-Brugger AG

<sup>4</sup> Explorativ, anhand der Ergebnisse werden Rückschlüsse gezogen (induktiv), nicht eine bestehende These überprüft (deduktiv)

- Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird ein bestimmtes EEG in einem Schweizer Fahrzeug ersetzt?

## 2.2 Methodik

### 2.2.1 Aufbau der Umfrage

Die Umfrage wurde online mit Hilfe von "Google Forms" konzipiert und an verschiedene Schweizer Autowerkstätten versandt.

Das Ziel der Studie war eine möglichst grosse Vielfalt an Garagentypen zu befragen. Dazu wurde die Umfrage durch die folgenden Kanäle verbreitet:

- im wöchentlichen Newsletter des Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS), welche an die 4'000 Schweizer Garagen als Mitglieder zählt
- durch den Verband der Fahrzeugs-Importeure AutoSchweiz mit dem Netzwerk an Markengaragen
- an Konzeptwerkstattketten, welche die Umfrage unter ihren Mitgliedern weiterverbreitete

Die Befragung umfasste die Zeitspanne vom 01.05.2021 bis 31.05.2021. Dabei wurden Daten von 62 verschiedene Garagen erfasst (50 aus der Deutschschweiz, 12 aus der Romandie).

In einem ersten Teil der Umfrage wurden der Name der Garage, der Garagentyp (z.B. Markengarage), die Hauptaktivitäten, sowie die Schweizer Grossregion in der die Garage aktiv ist erfasst. Zusätzlich wurde die jährliche Menge an ersetzen EEGEEG und der Anteil der Garantiefälle erhoben. Im zweiten Teil der Umfrage folgten spezifische Fragen über den Verbleib der fünf am häufigsten ersetzen EEG pro Garage (später im Text als "Top 5" bezeichnet), und über die Herkunft der Ersatzgeräte. Die Teilnehmer konnten dabei aus einer Auswahl von 30 EEG wählen (siehe Annex). Die Liste dieser Geräte basiert auf den Resultaten aus EVA I und anhand von Informationen von Markus Peter von der AGVS.

Die Umfrage umfasste 33 Fragen mit insgesamt 53 Antwortfeldern. Diese beinhalteten 46 vorgegebene und 7 optionale Antworten (wie beispielsweise: "Gibt es weitere Bemerkungen?"). Hätten alle 62 Umfrageteilnehmer alle vorgegebenen Antwortfelder beantwortet (100%), so ergäben sich 2852 Antworten. Effektiv wurden 2007 Antworten abgegeben, somit wurde bei 70.3% aller Fragen eine Antwort abgegeben. Wenn die fünf Fragen zum Verbleib der häufigsten EEG Antwort "Anderes", welche nur selten gewählt wurde und anstelle von einer Antwort mit dem Vermerk 0% die meisten Studienteilnehmer die Frage leer liessen, ebenfalls den optionalen Antworten zugerechnet wird, so steigt die Quote der beantworteten Fragen 74%.

Alle Resultate der Umfrage im Detail befinden sich im Anhang dieses Berichts.

## 2.2.2 Charakterisierung der Umfrageteilnehmer

Die folgende Abbildung 4 zeigt, in welchen Regionen die in der Umfrage erfassten Garagen aktiv sind sowie deren Garagentyp. Bestimmte Garagen sind in mehreren Regionen aktiv und werden deswegen in jeder Region gezählt.

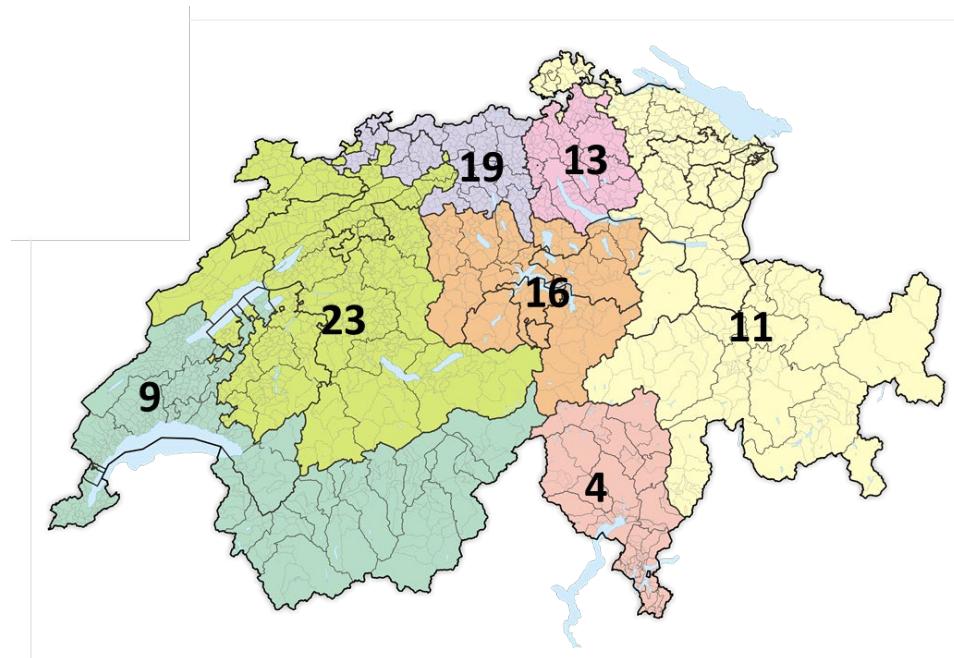


Abbildung 4: Anzahl Garagen nach Schweizer Grossregionen

Die meisten in der Umfrage teilnehmenden Garagen gehören dem Typ Markengarage an (37 von 62). Danach folgen Konzeptgaragen mit 19% und freie Garagen mit 16% (siehe Abbildung 5).

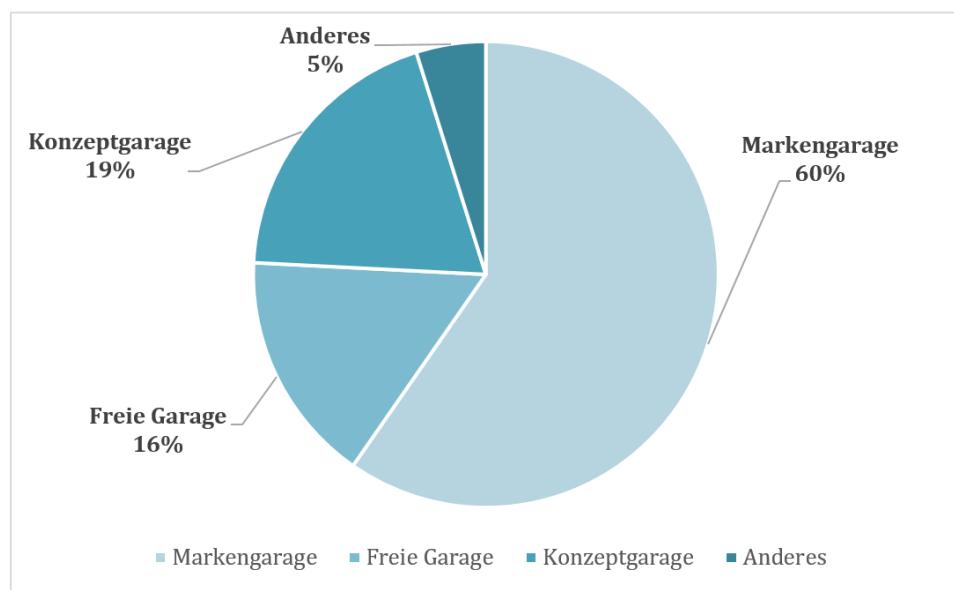


Abbildung 5: Garagentypen in der Umfrage

### 2.2.3 Datenqualität und Anpassungen

Ein Aspekt, welcher die Qualität einzelner Antworten beeinflusst haben könnte, waren falsch verstandene Fragen und dadurch unlogisch erscheinende Antworten. Beispielsweise gab es Fälle, in der eine Überprüfung der Summe der fünf am häufigsten ausgebauten EEG in einer Garage die angegebene Gesamtsumme *aller* ausgebauten EEG deutlich überstieg.

Zusätzlich lässt sich die korrekte Angabe zur Anzahl an ausgebauten Geräten nur schwer überprüfen. Gewisse Garagen haben eine sehr grosse Anzahl an ersetzen EEG angegeben, was die gesamte Anzahl überdurchschnittlich beeinflusste. So ist beispielsweise für das Gerät "Steuierge- rät Bordnetz/Karosserie" die kumulierte gesamte Anzahl aller Garagen für diesen Gerätetyp zu 63% auf eine einzige Garage zurückzuführen.

15.6% aller Studienteilnehmer wählten die Antwort "Anderes" zum Verbleib der fünf am häufigsten ausgebauten Geräte (Top 5). Die Verteilung der spezifischen Antworten in der Kategorie "Anderes" sind in Abbildung 6 dargestellt. Eine genauere Überprüfung liess erkennen, dass ein grosser Teil dieser Antworten in die Antwort "Entsorgt (Altola & co.)" fällt.

Die Antwort zum Verbleib "Entsorgt (Altola & co)" entspricht den Antworten "Abfall", "Altmetall- verwertung" sowie "Recycling" in der Kategorie "Anderes". Im Weiteren entspricht die Antwort "an Hersteller" der vorgegebenen Antwort "Zum Hersteller zurückgeschickt".

In diesen Fällen wurden die Antworten der Kategorie "Anderes" den übergeordneten Antworten hinzugefügt. Der Anteil von "Anderes" bei allen EEG reduzierte sich dabei von 16.5% auf 10.1%.

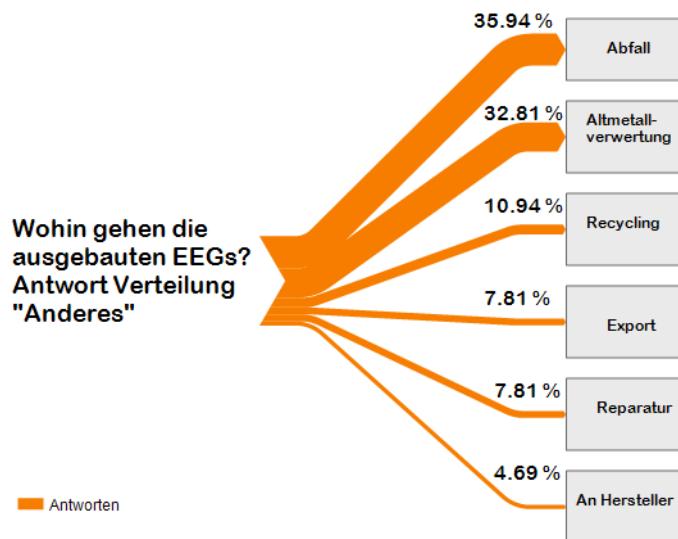


Abbildung 6: Verteilung der Antwort "Anderes" zum Verbleib der ausgebauten EEG

### 2.2.4 Methodik der Extrapolation

Aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl der Studie lässt sich kein direkter Rückschluss auf die Situation in der gesamten Schweiz ziehen. Dies lässt sich jedoch mit Hilfe zusätzlicher Informationen bewerkstelligen. Um den Anteil an EEG Reparaturen in Verhältnis zu anderen Reparaturen

zu bestimmen, wurden Informationen des deutschen DAT Reports 2021 verwendet, welcher jedes Jahr von der Deutschen Automobil Treuhand GmbH (DAT) verfasst wird und umfangreiche Informationen zum Automobilsektor liefert[16]. Zudem wurde ein Bericht des Versicherers CarGarantie AG hinzugezogen, der in der Ausgabe 1, 2021 des Magazins *Aussenspiegel* ebenfalls Informationen zu EEG Reparaturen präsentierte.

Abbildung 7 zeigt die Antworten deutscher PKW Fahrer zu durchgeföhrten Reparaturarbeiten an ihrem Fahrzeug im Jahr 2020. Dabei wurde zwischen Verschleissteilen (z.B. Bremsbeläge und –scheiben), Aggregaten und Elektronik (z.B. Motor, Lichtmaschine) sowie Reparaturarbeiten an Fahrwerk und Karosserie (z.B. Radaufhängung) unterschieden. Dabei kommt die Kategorie "Aggregate und Elektronik" auf 39%, d.h. bei mehr als jedem dritten Fahrzeug in Reparatur wurden Aggregate oder Elektronikteile ersetzt.



Abbildung 7: Verteilungen von Reparaturarbeiten an PKWs in Deutschland (Quelle: DAT Report 2021).

Abbildung 8 zeigt die Resultate einer ähnlichen Untersuchung, welche von der CarGarantie AG durchgeführt wurde. In die Kategorie der EEG Reparaturen fallen in diesem Fall die Kategorien "Elektrische Anlage" sowie "Komfortelektrik". Die Summe dieser beiden Kategorien beträgt 28.6%. Andere Kategorien wie "Sicherheits-Systeme" oder "Fahrdynamik" könnten teilweise zu den EEG-Reparaturen gezählt werden, daher wird der Gesamtanteil an EEG Reparaturen anhand dieser Quelle auf 30% geschätzt.

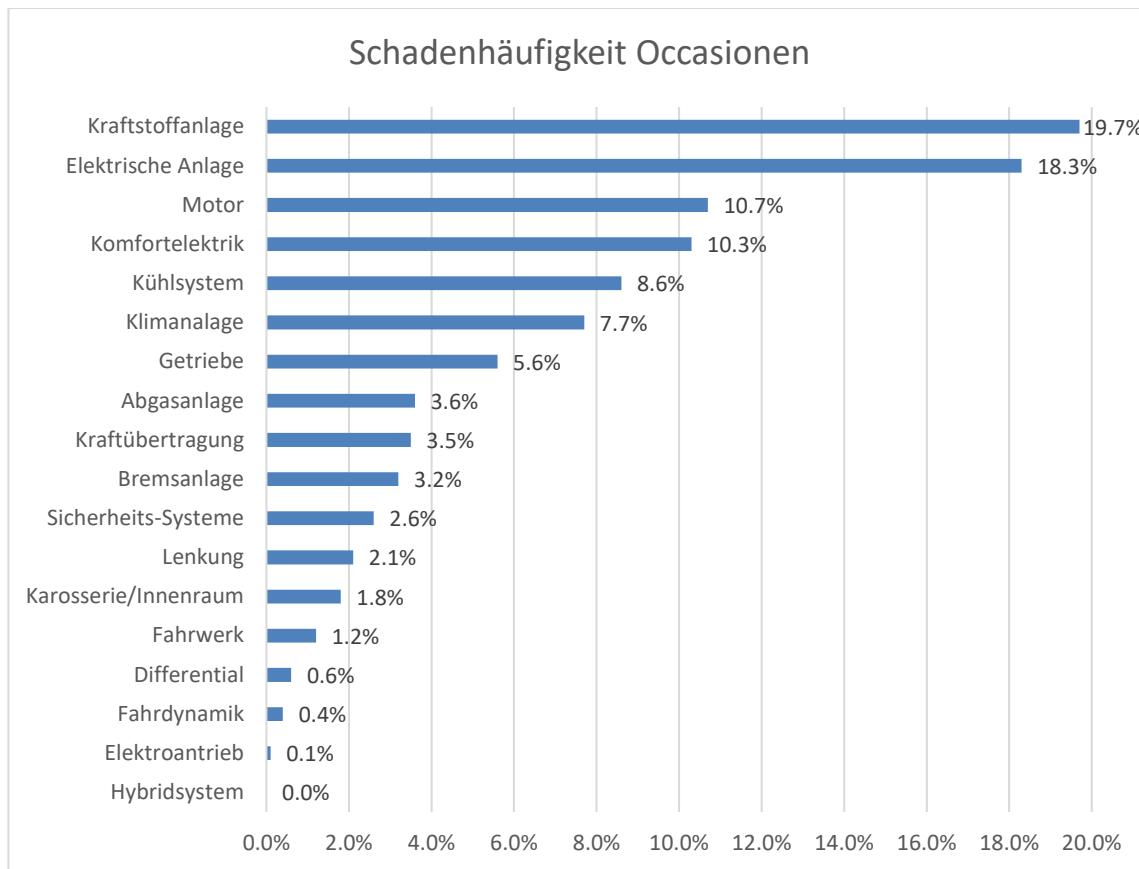


Abbildung 8: Schadenhäufigkeit Occasionen (Quelle: CarGarantie AG, 2021)

Die ungenaue Datenlage sowie jährliche Schwankungen, wie auch die die Verwendung von Quellen aus Deutschland machen die genaue Übertragbarkeit auf gesamtschweizerische Verhältnisse sowie eine genaue Bestimmung des Anteils an EEG Reparaturen schwierig. Der Anteil von EEG-Reparaturen in Bezug auf alle von Garagen durchgeführten Reparaturarbeiten an Personenwagen wurde auf 30% eingeschätzt.

## 2.3 Ergebnisse und Diskussion

### 2.3.1 Einteilung der Ergebnisse und Bestimmung der Fokusgeräte

In den 62 Garagen der Umfrage wurden kumuliert insgesamt 7'220 EEG pro Jahr ersetzt. Dabei sind die Unterschiede zwischen den Garagen gross, mit Antworten von 3 bis 1'000 ersetzen Geräten pro Jahr. Im Schnitt sind von allen vorgenommenen Reparaturen etwa 40% Garantiefälle, bei welchen stets neue Geräte eingebaut werden.

Im zweiten Teil der Umfrage folgten Fragen zu den 5 am häufigsten ersetzen EEG. Die Anzahl Nennungen (unabhängig von der absolut ersetzen Anzahl) zeigt, wie oft ein bestimmtes Gerät ersetzt wird.

Anhand der Ergebnisse zur Häufigkeit der Nennungen sowie der absoluten Anzahl der Ersätze von Geräten, kann man vier mögliche Aussagen machen (siehe Tabelle 3). Diese Studie fokussiert

sich auf Geräte, die in grossen Mengen ersetzt werden (grosse Anzahl Ersätze), aber auch auf Geräte, die in vielen Garagen ersetzt werden (grosse Anzahl Nennungen).

Tabelle 4: Einteilungsschema nach Anzahl Nennungen und Anzahl Ersätze

	Tiefe Anzahl Ersätze	Hohe Anzahl Ersätze
Hohe Anzahl Nennungen	Gerät mit tiefer bis mittlerer Anzahl Ersätze, keine Spezialisierung in Garagen ( <b>A</b> )	Gerät mit hoher Anzahl Ersätze, keine Spezialisierung in Garagen ( <b>B</b> )
Tiefe Anzahl Nennungen	Gerät welches selten ersetzt wird ( <b>C</b> )	Gerät mit hoher Anzahl Ersätze, in spezialisierten Garagen ( <b>D</b> )

Die Umfrage untersuchte beide Faktoren (Nennungen und absolut), da beispielsweise ein Gerät mit tiefem Ersatzniveau, aber hoher Anzahl Nennungen bei einer Extrapolation auf die gesamtschweizerische Ebene grosse Massenflüsse ergibt. Der Fokus der Studie lag darauf, herauszufinden, welches die wichtigsten Geräte sind. Dies wurde durch die Wahl der Fragen erreicht, bei der nach den 5 am häufigsten ersetzen Geräte gefragt wurde.

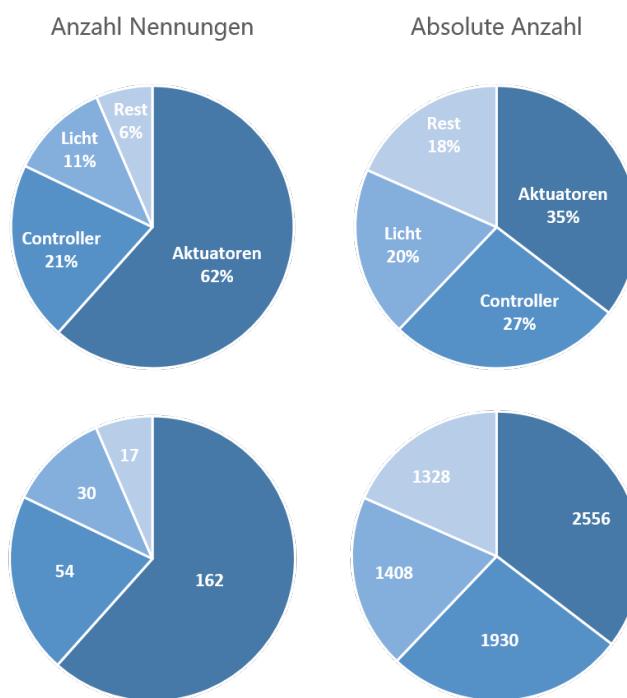


Abbildung 9: Anzahl Nennungen und absolute Anzahl nach EEG-Kategorie

Innerhalb der verschiedenen Garagentypen (siehe auch Abbildung 5) konnte keine auffälligen Änderungen im Vergleich zur Gesamtverteilung über alle Garagen festgestellt werden. Zudem waren unabhängig vom Garagentyp dieselben Geräte wie in Tabelle 4 die am häufigsten ersetzen Geräte.

Das Gerät "Generator/Alternator", welches für das Starten eines Fahrzeugs essentiell ist, wurde in der Umfrage im Teil "Welches sind für Ihre Garage die 5 wichtigsten Geräte?", am häufigsten genannt: Bei 37 von den 62 Garagen wurde dieses Gerät zu den 5 wichtigsten der zur Auswahl stehenden 30 Geräten gewählt, was einem Anteil in den "Top 5" von 60% entspricht (siehe Tabelle

4). Beim zweithäufigsten Gerät wählten 30 Garagen dieses EEG als eines ihrer Top 5, was einem Anteil von 48% entspricht.

Tabelle 5: Anzahl Nennungen einzelner Geräte in den Fragen zu den wichtigsten EEG.

ID und Gerätetyp	Gerätekategorie	Anzahl Nennungen in den Top 5	Anteil der Fälle in Top 5 EEG
8 Generator/Alternator	Aktuator	37	60%
18 Scheinwerfer/Beleuchtung	Scheinwerfer	30	48%
7 Fensterheber	Aktuator	29	47%
3 Anlasser	Aktuator	28	45%
25 Steuergerät Infotainment	Steuergerät	16	26%
4 Drosselklappensteller	Aktuator	15	24%
11 Kraftstoffpumpe	Aktuator	13	21%
22 Steuergerät Bordnetz/Karosserie	Steuergerät	13	21%
29 Waschwasserpumpe	Aktuator	11	18%
30 Zentralverriegelung	Aktuator	7	11%

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Häufigkeit der Nennungen in den Top 5 aus Tabelle 4 für jedes der in der Umfrage enthaltenen EEG. Die dazu erstellte logarithmische Trendlinie zeigt wie die Menge an EEG je nach Gerätetyp sinkt, bis sie bei Gerät 26 den Wert 0 erreicht. Somit wurden von den 30 zur Auswahl stehenden EEG 4 Geräte von keiner der Garagen zu den Top 5 gezählt. Es wird deutlich, dass die Verteilung der 30 verschiedenen Geräte sehr ungleich ist und dass einige wenige Geräte für viele Garagen zu den fünf wichtigsten Geräten gehören.

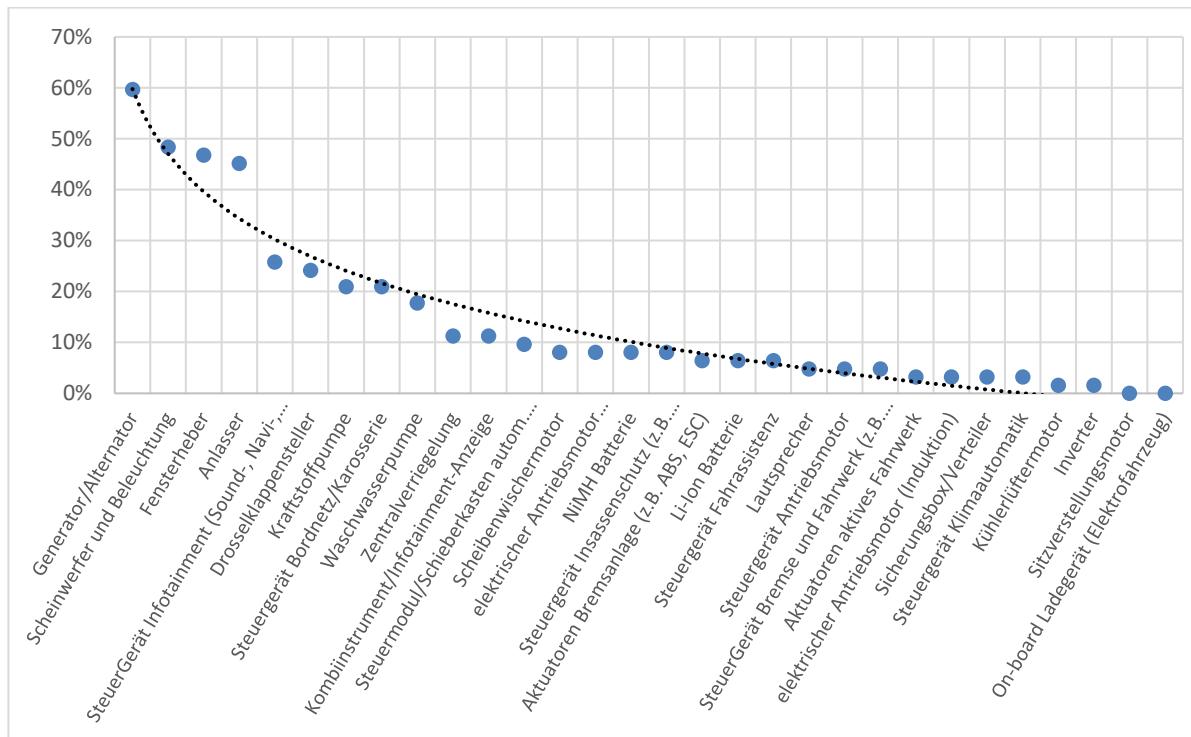


Abbildung 10: Verteilung EEG bezüglich relativem Anteil in Top 5

Zusätzlich wurde die Anzahl der ersetzenen EEG in absoluten Zahlen erfasst und summiert. Diese decken sich weitgehend mit den am meisten genannten Gerätetypen, wie in Tabelle 5 sichtbar ist. Es lässt sich erkennen, dass in absoluten Zahlen die 10 Gerätetypen mit der grössten Anzahl

an ersetzen Geräten pro Jahr, über 66.1% aller in der Umfrage erfassten ersetzen Geräte ausmachen.

Tabelle 6: Die 10 häufigsten ersetzen EEG total und relative Anteile an allen ersetzen EEG

ID und Gerätetyp	Gerätekategorie	Totale Anzahl an EEG	Relativer Anteil an Gesamtanzahl
18 Scheinwerfer/Beleuchtung	Schweinwerfer	1408	19.5%
22 Steuergerät Bordnetz/Karosserie	Steuergerät	793	11.0%
8 Generator/Alternator	Aktuator	779	10.8%
25 Steuergerät Infotainment	Steuergerät	459	6.4%
7 Fensterheber	Aktuator	394	5.5%
29 Waschwasserpumpe	Aktuator	289	4.0%
3 Anlasser	Aktuator	253	3.5%
4 Drosselklappensteller	Aktuator	159	2.2%
11 Kraftstoffpumpe	Aktuator	113	1.6 %
30 Zentralverriegelung	Aktuator	113	1.6 %
Alle 10 Fokusgeräte		4760	66.1%

Generell lässt sich erkennen, dass bei der Kategorie der Steuergeräte (Controller) eine stärkere Spezialisierung bei den Garagen im Vergleich zu den Aktuatoren stattfindet, d.h. einzelne wenige Garagen sind für eine grosse Menge der ersetzen Steuergeräte verantwortlich, während bei den Aktuatoren eine breite Streuung betreffend Anzahl ersetzer Geräte über alle Garagen herrscht.

Abbildung 11 zeigt die mittlere Geräteanzahl der am häufigsten ersetzen Geräte. Die mittlere Geräteanzahl sinkt dabei deutlich und kontinuierlich. Dies bestätigt, dass die Untersuchung der "Top 5" Geräte bereits den Grossteil aller der in Garagen ersetzen Geräten abdeckt.

Die ungleiche Verteilung vereinfacht die Situation zur Modellierung der Materialströme, da der Fokus auf wenige Geräte bereits einen grossen Teil der gesamten Gerätemenge abbildet.

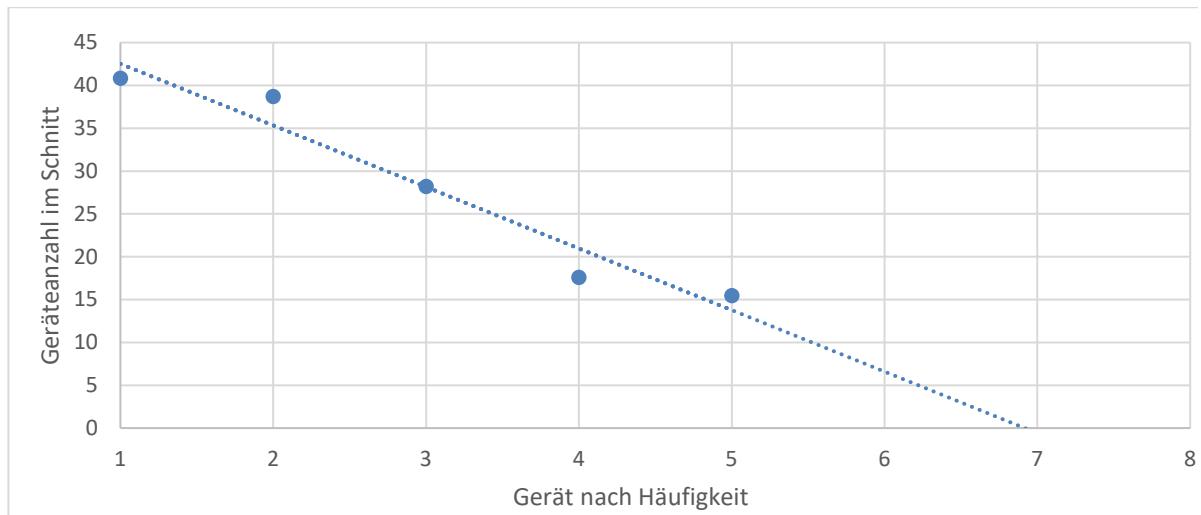


Abbildung 11: Lineare Extrapolation der Mittelwerte der Ersätze der fünf häufigsten Geräte.

Anhand der Resultate wurden einzelne Geräte als Fokus-Geräte ausgewählt (dargestellt in Tabelle 6) und deren Verbleib genauer untersucht (siehe 0.). Die Fokus-Geräte decken dabei die verschiedenen Fälle gemäss dem Einteilungsschema nach Tabelle 3 ab.

Tabelle 7: Fokus-Geräte

Gerätetyp	Einteilung nach Tabelle 3
Scheinwerfer/Beleuchtung	B
Steuergerät Bordnetz/Karosserie	D
Generator/Alternator	B
Steuergerät Infotainment	D
Fensterheber	B
Anlasser	A

### 2.3.2 Verbleib der EEG über alle Gerätekategorien

Abbildung 11 zeigt die Verteilung des Verbleibs der EEG über alle Gerätekategorien hinweg. Auf der linken Seite sind die verschiedenen Quellen der neu eingesetzten Geräte abgebildet, während auf der rechten Seite der Verbleib der ausgebauten EEG dargestellt wird.

Abbildung 12 lässt erkennen, dass über die Gesamtanzahl der in Schweizer Garagen ersetzen EEG die grosse Mehrheit defekter Geräte durch neue Geräte ersetzt wird. Austausch- und Gebrauchtgeräte spielen eine untergeordnete Rolle. Zudem wird mehr als die Hälfte der ausgebauten Geräte direkt entsorgt.

Anhand der Resultate dieser Umfrage lassen sich keine auffallenden Unterschiede zwischen den Garagentypen betreffend Art und Anzahl der reparierten Geräte erkennen.

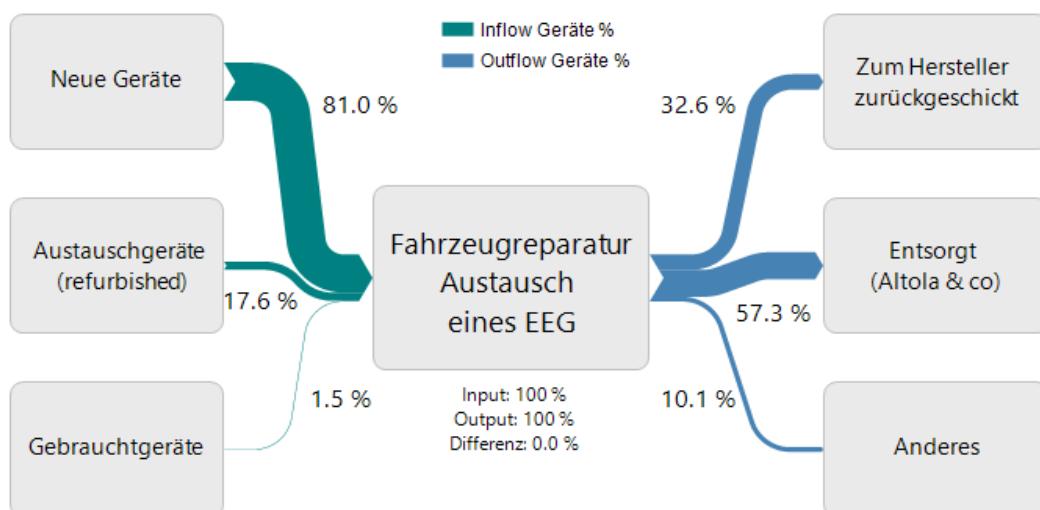


Abbildung 12: Gesamtverteilung der EEG\*.

\* Die Ströme beziehen sich auf die absolute Anzahl an Geräten und nicht wie üblich auf Massenströme

### 2.3.3 Verbleib der EEG nach Gerätekategorie

Abbildung 13 zeigt die Verteilung aller Gerätekategorien. In der Kategorie "Rest" sind Unterkategorien wie Sensoren, Anzeigen und Batterien zusammengefasst.

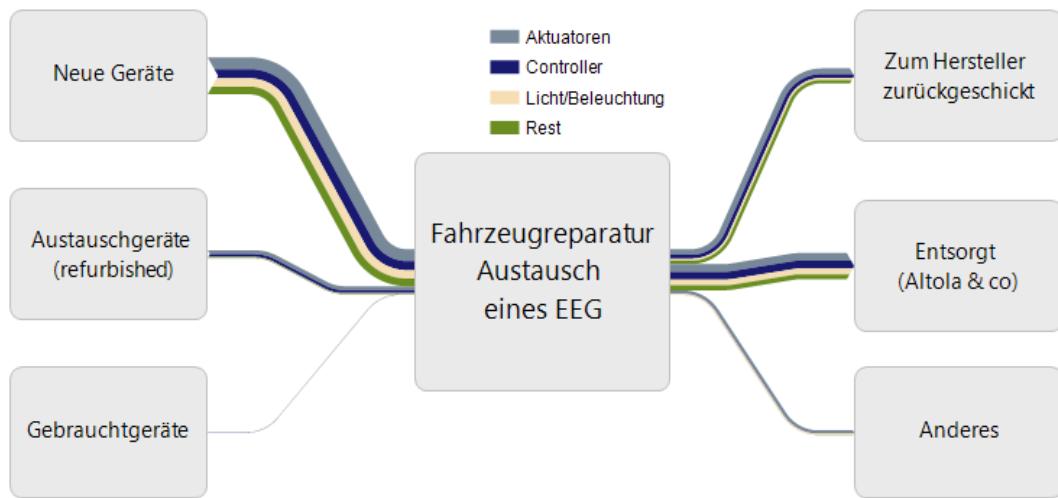


Abbildung 13: Verbleib der EEG nach Kategorien.\*

\*Die Ströme beziehen sich auf die absolute Anzahl an Geräten und nicht wie üblich auf Massenströme

Die zwei grössten Kategorien sind die Aktuatoren und die Steuergeräte/Controller, die 82% aller Nennungen in den Top 5 und in absoluten Zahlen 62% aller Geräte ausmachen. Die Gesamtanzahl der entnommenen Aktuatoren in der Umfrage belief sich auf 2'558 Geräte, während die der Controller 1'930 betrug.

Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen, dass auf Ebene der Gerätekategorien die Verteilung der Flüsse ähnlich ist wie bei der Gesamtanzahl an EEG. Die Controller werden etwas häufiger entsorgt als die Aktuatoren. Die Anzahl an Geräten welche an den Hersteller zurückgeschickt werden, ist höher als die der Austauschgeräte. Da Austauschgeräte diejenigen Geräte sind, die vom Hersteller wiederaufbereitet und von den Garagen wieder bezogen werden, kann daraus geschlossen werden, dass bei diesem Prozess ein Verlust entsteht.

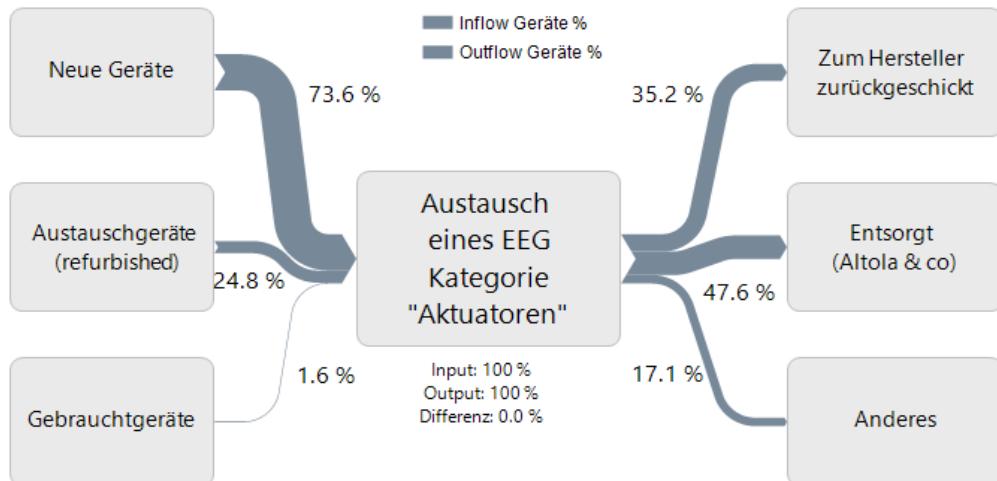


Abbildung 14: Verbleib aller EEG der Kategorie Aktuatoren

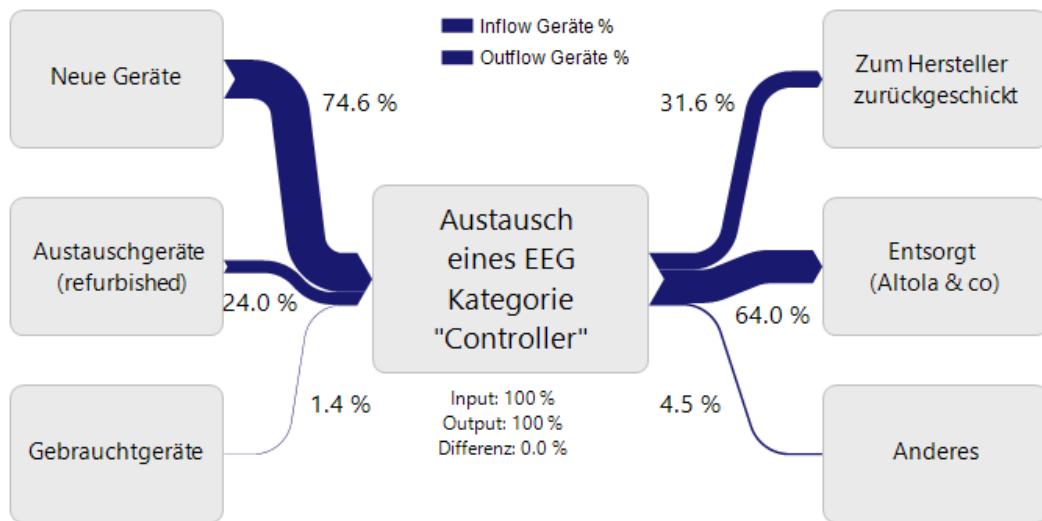


Abbildung 15: Verbleib aller EEG der Kategorie Controller

### 2.3.4 Verbleib der Fokus-Geräte

Die Auswahl erfolgte aufgrund der Ausbauhäufigkeit anhand der Nennungen sowie der absoluten Anzahl (siehe auch Tabelle 6).

#### 2.3.4.1 Generator/Alternator

Abbildung 16 zeigt, dass im Vergleich zum Gesamtdurchschnitt aller EEG der "Generator/Alternator" deutlich häufiger zum Hersteller zurückgeschickt wird, welcher die Geräte wiederaufbereitet. Daher ist ebenfalls der Anteil der Neugeräte im Gegensatz zum Gesamtdurchschnitt aller Geräte beim "Generator/Alternator" niedriger.

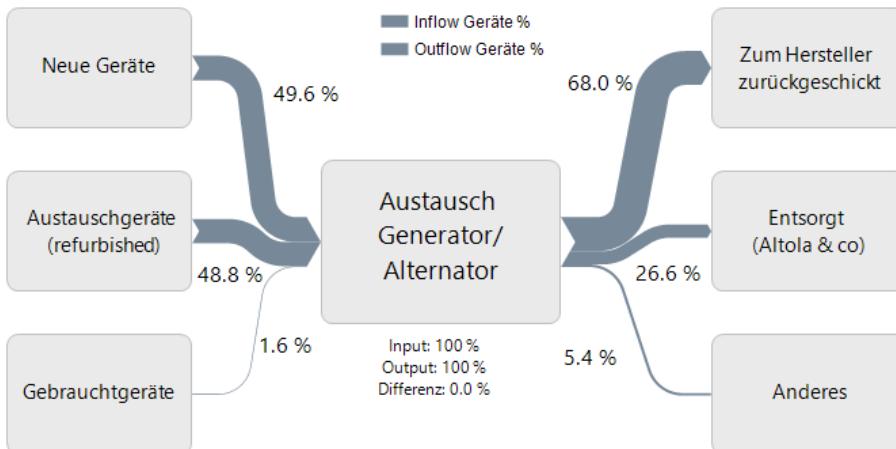


Abbildung 16: Verbleib des Geräts "Generator/Alternator"

#### 2.3.4.2 Scheinwerfer/Beleuchtung

Mit über 93% an Neugeräten scheint bei den Scheinwerfern eine Wiederaufbereitung nur in sehr wenigen Fällen möglich.

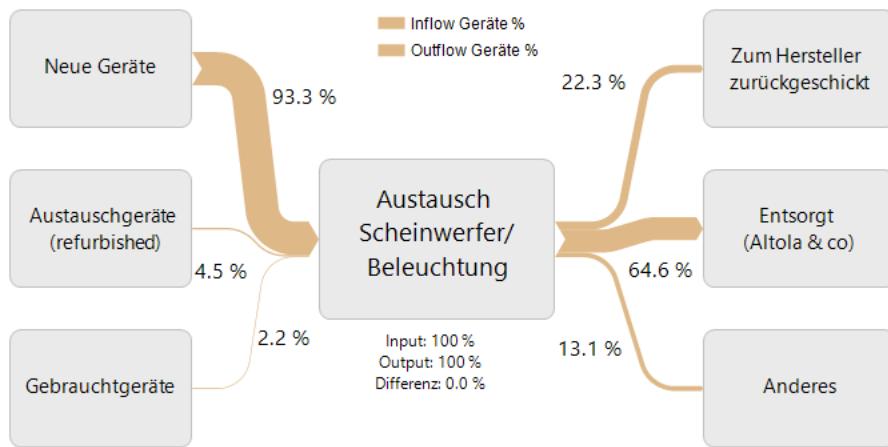


Abbildung 17: Verbleib des Geräts "Scheinwerfer/Beleuchtung"

Ein möglicher Grund warum eine Wiederaufbereitung nur schwer möglich ist, könnten die Position des Geräts (exponiert an Aussenseite des Fahrzeugs) und die dadurch häufige starke Beschädigung im Falle eines Defekts sein.

### 2.3.4.3 Fensterheber

Mit um die 400 jährlich ersetzen Geräten ist der "Fensterhebermotor" ebenfalls eines der wichtigsten ersetzen EEG.

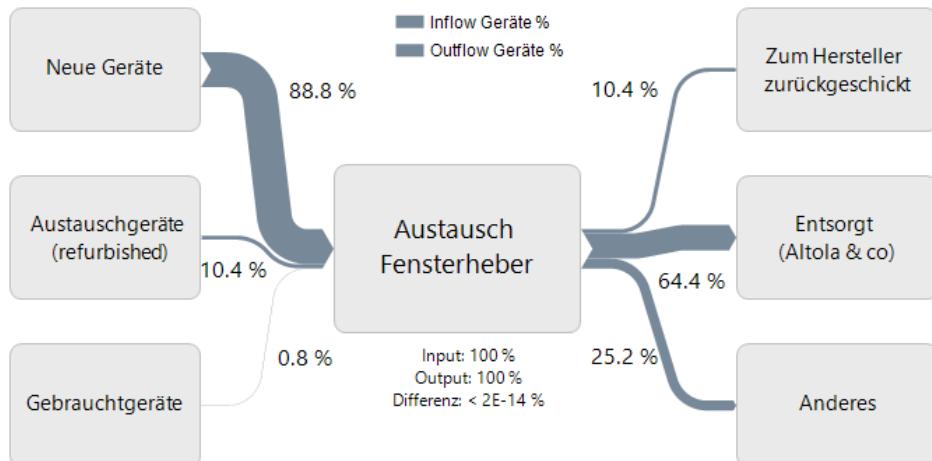


Abbildung 18: Verbleib des Geräts "Fensterheber"

Mit einer grossen Mehrheit an neuen Geräten beim Ersatz und kaum zum Hersteller zurückgeschickten Geräten wird in Abbildung 18 deutlich, dass eine Wiederaufbereitung kaum stattfindet. Der relativ grosse Anteil der Antwort "Anderes" ist grösstenteils auf eine einzelne Antwort zurückzuführen, die allerdings ohne genauere Erläuterung war.

### 2.3.4.4 Anlasser

Der Anlasser ist mit 28 Nennungen und 253 Geräten ein typisches Gerät der Kategorie Aktuatoren, die häufig und bei vielen verschiedenen Garagen ausgebaut werden.

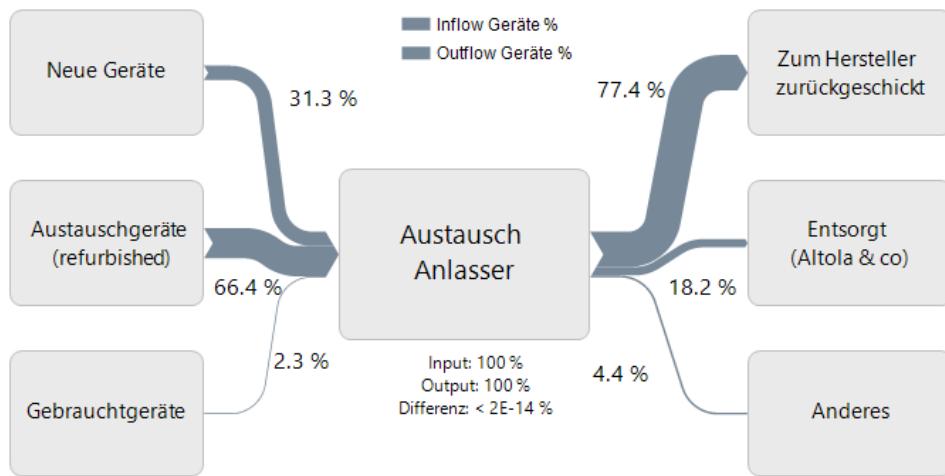


Abbildung 19: Verbleib des Geräts "Anlasser"

Beim Anlasser wird ähnlich wie beim Generator deutlich, dass im Vergleich zu den meisten anderen EEG hier der grösste Anteil an den Hersteller zurückgeschickt wird, der die Geräte wieder-aufbereitet.

### 2.3.4.5 Steuergerät Infotainment

Sehr ähnlich wie der Durchschnitt der Gerätekategorie Controller, werden beim Gerät "Steuergerät Infotainment (Sound, Navigation, Multimedia)", welches dieser Kategorie angehört, ebenfalls mehrheitlich neue Geräte eingebaut und alte Geräte entsorgt.

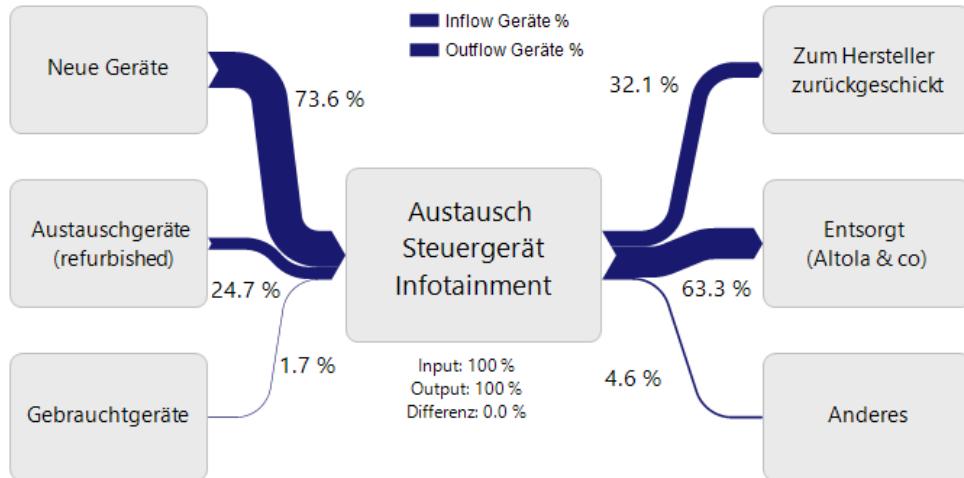


Abbildung 20: Verbleib des Geräts "Steuergerät Infotainment (Sound, Navigation, Multimedia)"

### 2.3.4.6 Steuergerät Bordnetz/Karosserie

Mit fast 800 ersetzenen Geräten bei nur 13 Garagen zeigt dieses EEG eine vergleichsweise stärkere Spezialisierung bei der Reparatur. Die Verteilungen der Flüsse sind ähnlich wie bei anderen Controllern.

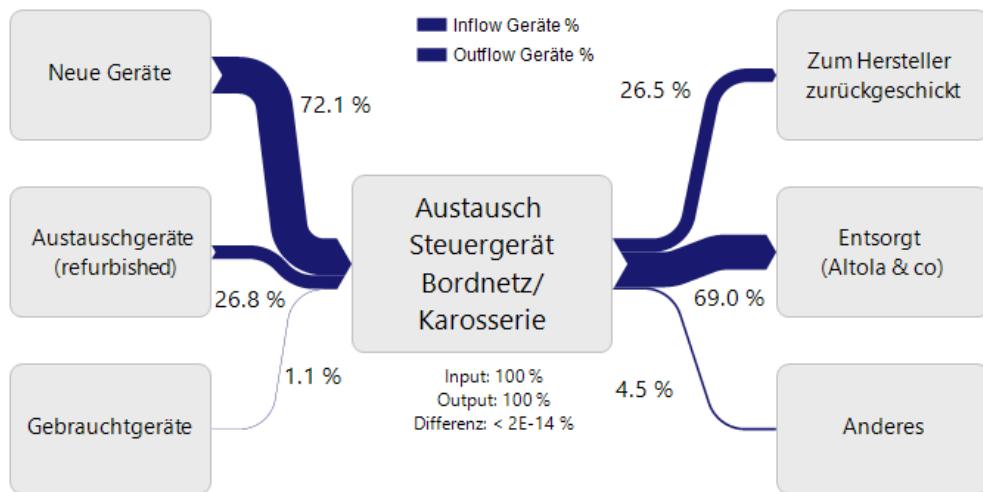


Abbildung 21: Verbleib des Geräts "Steuergerät Bordnetz/Karosserie"

### 2.3.5 Diskussion

Abbildung 12 bis Abbildung 21 zeigen die verschiedenen Flüsse (*Anzahl Geräte, nicht Massenfluss!*) der EEG beim Austausch im Falle einer Reparatur. Im Durchschnitt werden in 4 von 5 Fällen neue Geräte eingebaut, und deutlich mehr als die Hälfte der ausgetauschten Geräte entsorgt, bzw. stofflich verwertet. Diese Verteilungen sind ebenfalls auf Gerätekategorie-Ebene zu sehen, mit nur kleinen Veränderungen zur Gesamtzahl aller EEG. Innerhalb der verschiedenen Gerätetypen gibt es jedoch deutliche Unterschiede, wie die Beispiele des Generators/Alternators oder Anlassers zeigen, wo die Mehrheit der Geräte zum Hersteller zurückgeschickt und wiederaufbereitet wird.

Generell ist die Anzahl der zum Hersteller zurückgeschickten Geräte grösser als diejenige der eingebauten Austauschgeräte. Dies lässt darauf schliessen, dass ein signifikanter Teil der zum Hersteller zurückgeschickten Geräte sich nicht wiederaufbereiten lässt, oder möglicherweise ein Teil der wiederaufbereiteten Geräte exportiert werden.

Zusätzlich wird deutlich, dass der Einbau von Gebrauchtgeräten eine untergeordnete Rolle spielt und nur in sehr seltenen Fällen stattfindet. Dies ist womöglich auf die schlechte Verfügbarkeit des passenden Geräts für die spezifischen Fahrzeugtypen zurückzuführen.

Basierend auf diesen Resultaten wird es möglich sein die Wahrscheinlichkeit des Ersatzes pro Jahr jedes der Fokus-Geräte zu bestimmen und mit Hilfe von weiteren Daten der AGVS eine Extrapolation auf gesamtschweizerische Ebene zu machen (siehe Kapitel 4).

### 2.3.6 Grenzen der Studie

Die vergleichsweise geringe Anzahl an Umfrageteilnehmern (62 gegenüber mehr als 4'000 AGVS Mitglieder in der Schweiz) begrenzt die Repräsentativität der Resultate. Dennoch lassen sich die mit Hilfe der Resultate der Umfrage doch gewisse Trends erkennen.

Um die Teilnahme an der Umfrage zu maximieren, wurde deren Länge so angepasst, dass die Umfrage in ca. 15 – 20 min ausgefüllt werden konnte. Dazu wurden die Fragen zu den individuellen EEG so gestellt, dass nur die fünf wichtigsten Geräte (aus einer Auswahl von 30 Geräten) für jede Garage erhoben wurden. Vollständigere Ergebnisse betreffend individueller Geräte wären erreicht worden, wenn für jedes Gerät eine Frage betreffend Anzahl und des Verbleibs gestellt worden wäre. In diesem Falle wäre jedoch wohl die Anzahl der Umfrageteilnehmer bzw. der Anteil der leeren Antworten grösser gewesen, was sich negativ auf die Aussagekraft der Ergebnisse ausgewirkt hätte.

Im Weiteren bildet diese Umfrage nur eine Momentaufnahme, bzw. zeigt die Situation für die letzten Jahre. Wie die Verteilung und der Verbleib der EEG in 5 – 10 Jahren oder über einen noch längeren Zeitraum aussehen werden, lässt sich mit den Ergebnissen dieser Umfrage nicht beantworten.

Zuallerletzt ist die Auswahl von 30 Geräten eine weitere Einschränkung, welche die Antworten der Umfrageteilnehmer beeinflusst haben könnte. Dieser Effekt wird aber als eher weniger relevant eingeschätzt, da fast alle der Umfrageteilnehmer keine wichtigen Geräte in der Auswahl vermisst haben (dies wurde in Frage 7.1 der Umfrage erhoben). Zudem zeigt die Verteilung in Abbildung 10, dass die Liste ausreichend umfangreich war, da bereits einige der Geräte nie ausgewählt wurden.

## 2.4 Extrapolation

### 2.4.1 Berechnungsgrundlage

Die Resultate der Umfrage wurden anhand der in 2.3 beschriebenen Methodik zur Verwendung im dMFA Modell auf die gesamtschweizerische Ebene extrapoliert.

Tabelle 7 zeigt die verschiedenen Parameter, die für die Bestimmung von Gerätemengen auf Schweizer Ebene benötigt werden. Die Anzahl gemeldeter Personenwagen betrug im Jahr 2020 laut dem Bundesamt für Statistik 4'658'335 Einheiten [17]. Mit Hilfe der Information für Reparaturen pro Fahrzeug und Jahr und unter Bezug der Daten des DAT Reports 2021 (unter der Annahme, die deutsche Situation lässt sich auf die Schweiz übertragen) lässt sich die Gesamtanzahl an Reparaturen bestimmen. Die Bestimmung der Gesamtzahl an Reparaturen im Zusammenhang mit EEG erfolgt anhand des in Kapitel 2.2 abgeschätzten Prozentsatzes von 30%. Dabei wird der Ersatz eines EEG einer Reparatur gleichgesetzt.

Tabelle 8: Parameter für die Extrapolation

Parameter	Menge	Einheit
Fahrzeugflotte Personenwagen CH (2020)	4'658'335	Stückzahl
Reparaturen pro Fahrzeug/Jahr (DAT 2021)	0.44	Reparatur/PKW/Jahr
Reparaturen CH gesamt	2'049'667	Reparaturen/Jahr
Anteil EEG an Gesamtreparaturen	30%	-
Reparaturen in Zusammenhang mit EEG	614'900	EEG Reparaturen/Jahr
Durchschnittliche Anzahl EEG ersetzt während einer Reparatur in Zusammenhang mit EEG	1	Ersetzten EEG/EEG Reparaturen

Jährliche Anzahl in der Schweiz ersetzen EEG pro Jahr      614'900      EEG/Jahr

Gemäss Angaben der AGVS befinden sich in der Schweiz ca. 12'000 Garagen [18]. Dies würde einen jährlichen Mittelwert von 51 ersetzer EEG pro Garage ergeben. In der Umfrage wurde allerdings ein Mittelwert von 150 – 200 ersetzer EEG pro Garage ermittelt.

Der Unterschied dieser beiden Werte lässt sich anhand verschiedener Effekte erklären:

- Ein Teil der Garagen führt nur Karosseriearbeiten durch, was die Anzahl an Garagen die EEG ersetzen reduziert und somit den Durchschnitt erhöht
- Die begrenzte Teilnehmerzahl führt zu grösseren Effekten durch Ausreisser einiger weniger Garagen die eine grosse Anzahl an EEG ersetzen

Anhand der Parameter aus Tabelle 7 und den Ergebnissen der Umfrage lässt sich die Wahrscheinlichkeit eines Ersatzes pro Gerät, Fahrzeug und Jahr bestimmen.

Dabei gilt:

$$P(X_i) = P_G * P_E * x_i$$

Wobei

- $P(X_i)$  = Wahrscheinlichkeit der Reparatur von Gerät  $X_i$  pro Fahrzeug und Jahr  
 $P_G$  = Wahrscheinlichkeit einer Fahrzeugreparatur pro Fahrzeug und Jahr  
 $P_E$  = Anteil an Elektronikreparaturen  
 $x_i$  = Gerätspezifische Wahrscheinlichkeit der Reparatur innerhalb der Elektronikreparaturen

## 2.4.2 Ergebnisse der Extrapolation

Die daraus folgenden gerätespezifischen Wahrscheinlichkeiten und absolute Anzahl an hochgerechneten Stückzahlen sind in Tabelle 8 ersichtlich. Es wurden die 10 Geräte mit dem höchsten genannten Anteil in absoluten Zahlen verwendet. Für die restlichen Geräte ist es aufgrund der tiefen Anzahl Nennungen schwierig, qualitativ hochwertige Aussagen zu treffen und sie in die Extrapolation einzuschliessen.

Tabelle 9: Extrapolation der Anzahl Geräte Ersatze auf Schweizer Ebene

Gerätetyp	$P(X_i)$	Stückzahl (CH)
Scheinwerfer und Beleuchtung	4.38%	119'914
Steuergerät Bordnetz/Karosserie	2.46%	67'537
Generator/Alternator	2.42%	66'344
Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	1.43%	39'091
Fensterheber	1.22%	33'555
Waschwasserpumpe	0.90%	24'613
Anlasser	0.79%	21'547
Drosselklappensteller	0.49%	13'541
Kraftstoffpumpe	0.35%	9'624
Zentralverriegelung	0.35%	9'624

Die höchste Wahrscheinlichkeit (pro Fahrzeug und Jahr) ersetzt werden zu müssen, haben die Gerätetypen Scheinwerfer (4.78%), Steuergerät Bordnetz/Karosserie (2.46%) sowie Generator/Alternator (2.42%).

Der DAT Report 2021 zeigt für Deutschland eine stetige Reduktion bei der Anzahl an Reparaturen pro Fahrzeug pro Jahr (siehe Abbildung 22). Die Autoren des DAT Berichts sehen den Grund in der steigenden Qualität der Fahrzeuge sowie der umfallverhindernden Fahrunterstützungshilfen, welche die Anzahl der anfallenden Reparaturen langfristig reduzieren. Zudem wurde eine Verjüngung der Fahrzeugflotte festgestellt, was ebenfalls zu weniger Reparaturen führt, da Neuwagen kaum Reparaturen benötigen [16].

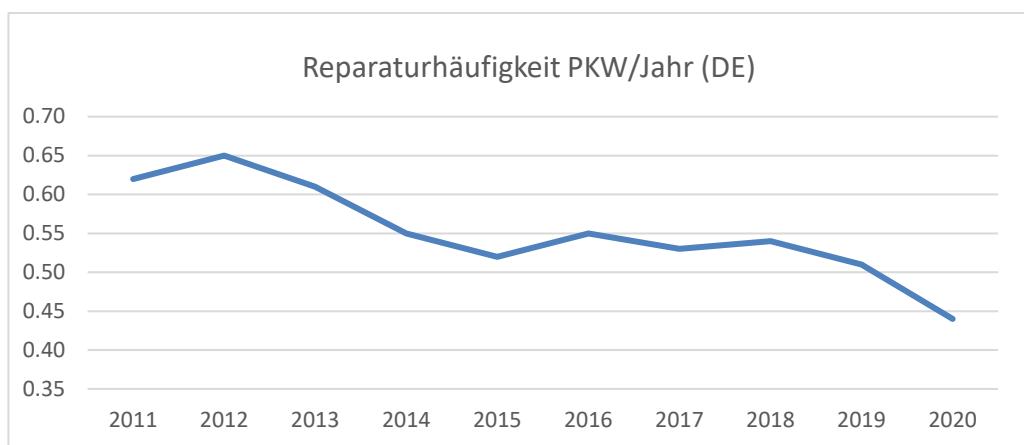


Abbildung 22: Anzahl Reparaturen pro Fahrzeug pro Jahr in Deutschland zwischen 2011 und 2020

Ob diese Entwicklung ebenfalls in der Schweiz zu beobachten ist, müsste durch weitere Untersuchungen überprüft werden, bisher sind solche Daten nach Wissenstand der Autoren nicht verfügbar. Die genannten Gründe sind mehrheitlich auf landesunabhängige Technologieentwicklungen zurückzuführen, wodurch eine ähnliche Entwicklung in der Schweiz naheliegt.

### 2.4.3 Grenzen der Extrapolation

Obgleich Deutschland volkswirtschaftlich der Schweiz ähnlicher ist als viele andere Länder, bestehen in Bezug auf die Fahrzeugflotte dennoch gewisse Unterschiede, welche die Parameter der Extrapolation beeinflussen könnten. Beispielsweise besteht aufgrund der grösseren Kaufkraft und teilweise der topografischen Unterschiede in der Schweiz ein anderes Kaufverhalten betreffend Fahrzeugeigenschaften und -typen. So besteht in der Schweiz ein signifikant höherer Anteil an grossen und schweren PKWs wie SUVs (der Anteil an Vierradantrieb liegt in der Schweiz bei über 50% [19]). Grössere Fahrzeuge wie SUVs sind generell teurer und mit mehr Funktionen ausgestattet, was die Anzahl der möglichen EEG, die pro Fahrzeug ersetzt werden könnten, erhöht.

Ebenso könnte ein Unterschied im Alter der Fahrzeugflotte die Anzahl der durchschnittlichen Reparaturen pro Fahrzeug verändern, was sich auf die bestimmte Anzahl der reparierten EEG in der Schweiz auswirkt.

Diese Faktoren reduzieren die Genauigkeit der Werte der in der Extrapolation bestimmten Reparatur-Wahrscheinlichkeiten auf Ebene der Fokusgeräte.

## 2.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Entsorgung der durch die aus EEG Reparaturen hervorgehenden Mengen an EEG lassen sich anhand der Daten aus der Umfrage (siehe 0) und der Extrapolation auf mehr als 1'000 Tonnen schätzen. Dies ist auf den hohen durchschnittlichen Anteil von 57% an entsorgten Geräten nach einer Reparatur zurückzuführen, der je nach Gerätetyp noch höher liegt. Dies ist ein signifikanter Massenstrom, der für das dynamische Massenflussmodell von hoher Relevanz ist.

Die aus der Umfrage erhobenen Daten können verwendet werden, um den Einfluss von EEG Reparaturen auf das gesamte System aufzuzeigen. Die im dynamischen Massenfluss daraus erstellten Szenarien zeigen verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten.

### 3 RESH Probennahme- und Messprotokoll

#### 3.1 Einleitung und Ziele

Die STM in Fahrzeugen sind in deren EEG stark konzentriert. Wenn Altfahrzeuge im Großschredder behandelt werden, konzentrieren sich diese STM in einer Fraktion dieses Prozesses auf, dem sogenannten Reststoffe Schredder (RESH) Output. Dieser entspricht der leichten Fraktion, welche im Schredder abgesaugt wird. Er setzt sich aus kleinen Kabelstücken, Staub und weiteren kleinen Teilchen (z.B. Leiterplatten-Teilchen), die durch intensive Stöße und Reibungen während des Schredderns entstehen, zusammen. Der Grossteil der STM befindet sich angeheftet an den kleineren Partikeln. Der RESH ist ein Produktionsabfall des Fahrzeugrecyclingprozesses. Etwa 15-20 % der Masse eines geschredderten Fahrzeugs endet in der RESH-Fraktion. Dieser wird anschliessend mit den enthaltenen STM in Kehrrichtverbrennungsanlagen (KVA) verbrannt und die darin enthaltenen Metalle werden nur beschränkt zurückgewonnen.

Einige KVA in der Schweiz sind mit Schlackenaufbereitungssystemen ausgerüstet, durch welche bedeutende Mengen verschiedener Metalle aus der entstandenen Schlacke, einschliesslich einiger Edelmetalle, zurückgewonnen werden können. Die Effizienz dieses Prozesses wurde in einer Studie der ZAR abgeschätzt [20]. Diese berücksichtigte allerdings nur eine eingeschränkte Anzahl Metalle (die meisten STM wurden nicht untersucht) und fokussierte sich ausschliesslich auf die Inputs aus der Verbrennung von Kehricht. Im Gegensatz zu Kehricht, wo STM in Form von makroskopischen Objekten vorliegen (es findet keine Zerkleinerung oder Reibung vor der Verbrennung statt), ist STM in RESH in mikroskopischen Partikeln konzentriert. Da Schlackenaufbereitungsanlagen sehr kleine Partikel nicht behandeln können (im Fall der KEZO gehen Schlackenpartikeln, die kleiner als 300 Mikrometer sind, verloren), verringert dies das Rückgewinnungspotenzial der STM. Ein signifikanter Anteil der STM, die im RESH enden, gehen deshalb verloren [20]–[23].

Um die Leistung des Schweizer Altfahrzeug-Recyclingsystems in Bezug auf Verluste von STM und anderen Wertstoffen in EEG zu bestimmen (siehe Kapitel 1.5), muss man in der Lage sein, die Mengen an STM im RESH bestimmen zu können. Eine wiederholte Bestimmung der STM-Mengen im RESH würde es auch ermöglichen, die Auswirkungen der Umsetzung einer "Ausbau-geräteliste" im Rahmen der VREG zu verfolgen. Würden solche Geräte in Alt-Fahrzeuge vor dem Schreddern entfernt, würden die darin enthaltenen STM nicht mehr mit dem RESH verloren gehen.

Die Bestimmung der STM-Mengen im RESH erfordert eine Messmethodik, welche auf einem repräsentativen Probennahme- und Analyseprotokoll aufbaut. Damit sollen genaue und präzise Ergebnisse erreicht werden. Die Methodik soll zudem so einfach und kostengünstig wie möglich sein. In diesem Kapitel werden die Messmethodik, die zu diesem Zweck im Rahmen von EVA II entwickelt wurde, sowie die Ergebnisse des Experiments, in welchem ihre Präzision und Genauigkeit überprüft wurden, vorgestellt.

Zur Bestimmung der STM-Mengen im RESH, wurde im Rahmen von EVA II ein Probennahme- und Messprotokoll entwickelt und in einem Experiment getestet. Damit sollen genaue und präzise Ergebnisse erreicht werden. Die Methodik soll zudem so einfach und kostengünstig wie möglich sein.

Dieses Kapitel beschreibt den Versuchsaufbau und die Anwendung des Messprotokolls sowie die Ergebnisse der chemischen Analyse des RESH, hierzu verwendete wichtige Begriffe sind in Tabelle 9 erläutert.

Tabelle 10: Wichtige Begriffe des Versuchs

Begriff	Erläuterung
Batch	Ein für einen Analyseversuch verwendete Menge an Material einer bestimmten Zusammensetzung. Für den hier beschriebenen Versuch wurden zwei Batches von Altfahrzeugen geschreddert, eine Gruppe mit 100 Fahrzeugen bei der der Motor im Auto verblieb und eine Gruppe mit 100 Fahrzeugen, bei der der Motor entnommen wurde.
Repräsentative Probe	Als repräsentativ gilt eine Probe, welche die gleiche durchschnittliche Zusammensetzung des gesamten Batches aufweist. Um die Präzision zwischen Proben vom gleichen Batch aufzuzeigen, wurden zwei repräsentative Proben pro Batch entnommen.
Teilproben	Einer Probe wird eine Teilprobe entnommen und so lange vorbehandelt, bis die optimalen Bedingungen (homogene Mischung der Zusammensetzung) für die chemische Analyse vorliegen. Um die Präzision zwischen den Teilproben einzuschätzen, werden pro Probe zwei Teilproben entnommen und in mehreren Schritten weiterbehandelt, um die gewünschten Probeneigenschaften (z.B. Teilchengröße unter 1mm) für die chemische Analyse zu erhalten.
Replikate	Mehrfach genommene Proben zur Erhöhung der statistischen Aussagekraft der chemischen Analyse

### 3.2 Methodik und Versuchsablauf

RESH ist eine sehr heterogene Fraktion mit einer grossen Korngrößenverteilung (von wenigen Mikrometern bis zu etwa 10 cm). Er unterliegt einem starken "Nugget-Effekt" hinsichtlich vieler STM. Dies bedeutet, dass sich die STM nicht homogen im RESH verteilen, sondern vorwiegend in wenigen kleinen Teilchen konzentriert sind (z.B. in einem Stück eines Leiterplattensteckers, in einem kleinen elektronischen Kabel oder im Staub). Beinahe komplett abwesend sind STM im Rest der enthaltenen Teilchen (Flaum, Stoff, Kunststoff, etc.). Es ist sehr anspruchsvoll, aus RESH eine repräsentative Probe zu entnehmen, da diese möglichst homogen sein muss und gleichzeitig den gesamten RESH möglichst gut repräsentieren muss [24]. Entnimmt man beispielsweise vom oberen Teil einer RESH-Menge eine Probe von einem halben Kilogramm, kann diese zu viele Stücke von ca. 10 cm ohne STM Anhaftungen enthalten, da diese dazu tendieren, sich an der Oberfläche von RESH-Haufen anzusammeln. Wenn man die Probe aus dem unteren Teil entnimmt, überwiegt der Staubanteil mit entsprechend hohen STM-Massengehalten. Keine dieser beiden Proben ist repräsentativ für die Gesamtmenge des RESH. Ausserdem kann die chemische Analyse nur an sehr kleinen Proben durchgeführt werden, die sich im Grammbereich bewegen.

Daher muss die analysierte Probe mehrmals sorgfältig zerkleinert, gemischt und geteilt werden, um repräsentative STM Gehalte für die gesamte RESH Menge zu erhalten.



Abbildung 23: Beispielbild RESH des Experiments, aufgenommen nach der Probennahme bei der KEZO.

### 3.2.1 Messmethodik

Die Messmethodik der Massenanteile von STM im RESH besteht aus zwei Teilen: dem Probenahmeprotokoll und dem Analyseprotokoll. Die einzelnen Schritte der Messmethodik sind in der folgenden Tabelle 9 beschrieben.

Tabelle 11: Beschreibung der Messmethodik von STM-Massenanteilen in RESH

Teil	Vorgehen
Probennahme	Probennahme bei der Entladung von RESH im Brennstoffbunker der KVA, währenddem der RESH in einem regelmässigen Materialfluss auf das Förderband aus dem Vorschredder fällt
	Periodische Probennahme von RESH während der gesamten Entladung mit einem 10-Liter-Eimer, bis eine Mischprobe von mindestens 60 kg erhalten wird [25]
	Sorgfältiges Mischen der Probe
	Zerkleinerung der Probe bis zu einer maximalen Korngrösse von 2cm mit einer Hammermühle
	Quartering <sup>5</sup> und Mischen der Probe, bis eine Teilprobe von etwa 4 kg erhalten wird
	Aufbereitung der Teilprobe durch kryonische Zermahlung und Quartering bis die maximale Teilchengrösse weniger als 1 mm ist und die Probemasse 20g entspricht.
Analysse	Aufteilung der Probe in drei Replikate, um jede Untersuchung drei Mal durchzuführen
	Untersuchung der Elemente Al, Au, Cd, Cr, Cu, Dy, Fe, Hg, La, Nd, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn und Zn
	Semi-quantitative Analyse durch WD-XRF-Analyse zur Erkennung der Anwesenheit der Elemente
	Quantitative Analyse durch ICP-OES und ICP-MS: zur Erkennung der Massenfraktion jedes Elements, Teilprobe wird dreimal untersucht.

### 3.2.2 Ablauf des Experiments

Die Messmethodik wurde im Rahmen eines Experiments angewandt, um ihre Präzision und Genauigkeit zu testen. Das Experiment besteht aus der Durchführung eines Schredderversuchs von zwei getrennten "Batches" von 100 Fahrzeugen. Die Fahrzeuge des einen "Batches" enthalten noch ihren Motor, während bei allen Fahrzeugen des anderen "Batches" der Motor systematisch entfernt wurde. Da einige der EEG direkt an den Motoren befestigt sind, werden bei einer Entfernung des Motors diese Geräte ebenfalls aus dem Fahrzeug entfernt. Um die Sensitivität des Experiments überprüfen zu können wurde untersucht, ob die Ergebnisse des Experiments eine Unterschiede zwischen beiden Batches zeigen können. Während der Probenaufbereitung wurden in mehreren Schritten Duplikate hergestellt, um Teilproben zu erzeugen, die - wenn die Probenaufbereitung perfekt ist - identische Merkmale aufweisen sollten. Zudem wurde ein Wiederfindungsexperiment durch "Spiking"<sup>6</sup> mit Yttrium und Ytterbium an unterschiedlichen Stellen des Experiments durchgeführt, um die STM-Verluste während des Probenaufbereitungsprozesses zu quantifizieren. Die Analyse und der Vergleich der Ergebnisse aller Teilproben ermöglichen es, die Präzision und Genauigkeit der Messmethode zu testen.

Eine Messung ist genau, wenn es keine systematische Abweichung gibt d.h., wenn der Durchschnitt vieler Einzelmessungen gegen Null geht. Hingegen ist eine Messung präzise, wenn die Streuung vieler Einzelmessungen nahe Null liegt. Abbildung 17 illustriert den Unterschied zwischen Messgenauigkeit und Messpräzision.

<sup>5</sup> "Quartering" ist eine Prozedur, das darin besteht, eine Probe zu mischen, sie auf einer Fläche auszubreiten und das Material nur auf einem Viertel der Fläche zu sammeln, um das Experiment fortzusetzen; der Rest wird entsorgt. Ziel ist es, aus einer Anfangsprobe repräsentative Teilproben zu erzeugen.

<sup>6</sup> "Impfen" der Probe mit bestimmten Fremdstoffen, welche natürlicherweise nicht in der Probe enthalten sind, um sicherzustellen, dass kein Material verloren geht sowie die homogene Mischung der Probennahme gewährleistet ist. Ziel ist es, dieselben Gehalte der Fremdstoffe in der Laboranalyse wiederzufinden.

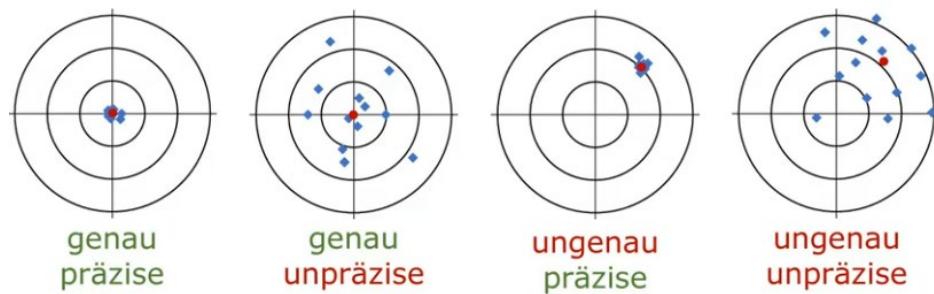


Abbildung 24: Illustration des Unterschieds zwischen Messgenauigkeit gegenüber Messpräzision.

Abbildung 27 zeigt den Versuchsablauf des Experiments. Der Weg der STM der beiden Batches M (mit Motoren) und O (ohne Motoren) verläuft wie beschrieben vom Grossschredder in den RESH, zur Probennahme sowie zur weiteren Zerkleinerung und schliesslich zu Spiking, Quartering sowie der finalen Probennahme für die Laboranalyse.

Das Experiment besteht aus den folgenden Schritten

### 3.2.2.1 Vorbereitung der Batches

Für das Schredderexperiment wurden zwei Batchversuche mit je 100 Alt-Fhz durchgeführt, der erste Batch mit Motoren (Batch M, ~108 Tonne) und der zweite ohne Motoren (Batch O, ~80 Tonnen). Da einige der EEG direkt an den Motoren befestigt sind, werden bei einer Entfernung des Motors diese Geräte aus dem Fahrzeug entfernt. Um die Sensitivität des Experiments überprüfen zu können, war das Ziel zu überprüfen, ob die Ergebnisse des Experiments eine Differenzierung der beiden Batches zeigen.

### 3.2.2.2 Schreddern und Transport

Beide Batches wurden im Grossschredder der Firma Thommen AG in Kaiseraugst durchgeführt. Anschliessend wurde der erzeugte RESH beider Batches gesammelt. Die Endmasse des RESH betrug 17'400 kg für Batch M (16.1 % RESH-Anteil) und 13'900 kg für Batch O (17.3 % RESH-Anteil). Nach jedem Schredderprozess wurde der RESH mit Lastwagen zur Kehrrichtverbrennungsanlage KEZO in Hinwil transportiert und durch einen Vorschredder auf ein Förderband entladen, das den RESH in den Brennstoffbunker transportierte. Am 04.10.2021 wurde der erste Batch geschreddert und die Proben entnommen. Der zweite Batch wurde am 25.10.2021 geschreddert und am 26.10.2021 die Proben entnommen. Die Endmasse der RESH betrug 17'400 kg für Fahrzeuge mit Motoren (Batch M) und 13'900 kg für jene ohne Motoren (Batch O).

### 3.2.2.3 Probennahme

Die Probennahme fand statt, während dem der RESH in einem mehr oder weniger regelmässigen Materialfluss auf das Förderband aus dem Vorschredder fiel. Die Probennahme erfolgte während des gesamten Entladeprozesses, um zwei repräsentative Proben von jedem Batch zu erhalten: M-1, M-2, O-1 und O-2.

Sobald die Transporte des RESH bei der KEZO eintrafen, wurden sie auf einen bedeckten Bereich entladen, mit Hilfe eines Krans mit Greifarm gemischt und in kleinen Mengen in einen grossen

Schredder verschoben. Die Ausgabeprodukte des Schredders fallen regelmässig auf ein Förderband unterhalb des Schredders. Die Probenentnahme für den Batch mit Motoren wurde an diesen Ausgabeprodukten des Schredders vorgenommen, während der RESH über das Förderband lief. Um eine repräsentative Probe an Duplikaten vom gesamten Batch zu erhalten, wurden einzelne Eimer mit ca. 2-5 kg RESH alle 15 Sekunden gefüllt (Abbildung 23). Der erste Eimer wurde in einer Kiste für die Probe M-1 platziert und nach weiteren 15 Sekunden wurde ein weiterer Eimer gefüllt und in einer Kiste für die Probe M-2 platziert. Dieser Prozess wurde systematisch für den gesamten Batch ausgeführt. Derselbe Prozess wurde für den Batch ohne Motoren durchgeführt (Proben O-1 und O-2). Das Ziel dieser Prozedur bestand darin, zwei Teilproben aus der gesamten Probe zu erhalten. Die beiden Teilproben werden in einem späteren Schritt verglichen, um zu prüfen, ob diese Weise der Probenentnahme zur Entnahme einer repräsentativen Probe geeignet ist.

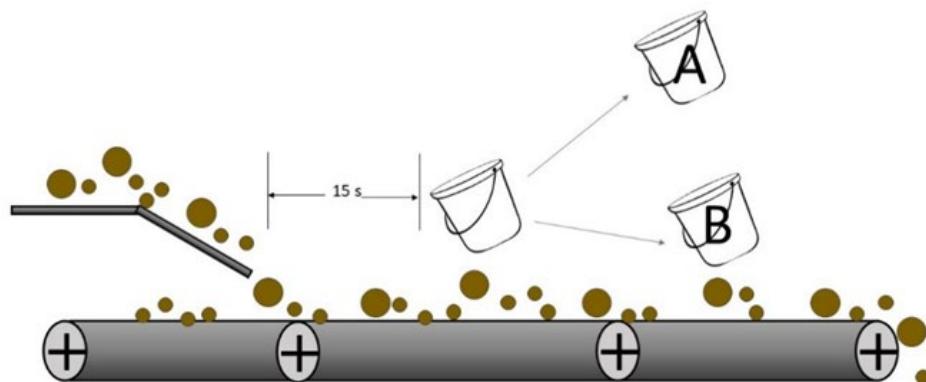


Abbildung 25: Grafische Darstellung der Probennahme. Dem RESH (braune Punkte) wurden alle 15 Sekunden Proben entnommen, zuerst für Probe M-1 und danach für Probe M-2

Für den ersten Batch wurden zwei Proben M-1 und M-2 zu je 220 kg entnommen. Diese Masse überstieg die minimal benötigte Menge. Die beiden Proben wurden nacheinander gleichmässig über eine Fläche am Boden verteilt und in Viertel unterteilt, um dreiviertel der Proben zu entnehmen. Beim zweiten Batch geschah das Entladen ein wenig schneller. Deshalb waren die Proben O-1 und O-2 wesentlich kleiner und die Unterteilung in Viertel zur Reduzierung der Masse war nicht notwendig. Schlussendlich betrug die Masse der Proben 160 kg für M-1, 160 kg für M-2, 65 kg für O-1 und 65 kg für O-2. Der RESH ist beispielhaft in Abbildung 24 dargestellt. Zuletzt wurden die vier Proben nach St. Gallen an die Empa transportiert, wo sie bei Raumtemperatur bis zum nächsten Schritt des Experiments aufbewahrt wurden.

### 3.2.2.4 Probenaufbereitung für die chemische Analyse

In einem dritten Schritt wurden die Proben zur Agroscope Reckenholz in Zürich transportiert. Dort wurden die Proben zwei Vorbereitungsstufen unterzogen mit dem Ziel, eine deutlich kleinere, aber immer noch repräsentative Probe zu erhalten. Zuerst wurde jeder Probe bekannte Mengen Yttriumoxid (nachfolgend Yttrium oder Y benannt) ohne gründliche Durchmischung hinzugefügt. Jede Probe wurde mit Hilfe einer Hammermühle HM42B 7.5KW (EverTec) zerkleinert und durch ein 20 mm Sieb gelassen. Dann wurde allen vier Proben eine bekannte Mengen Yt-

terbiumoxid (nachfolgend Ytterbium oder Yb benannt) ohne gründliche Durchmischung hinzugefügt. Die beiden Analyten, von welchen bekannt ist, dass sie in dieser Art von RESH nicht vorkommen, wurden zur Berechnung ihrer Rückgewinnungsrate genutzt. Dies diente dazu sicherzustellen, dass die Probe einer repräsentativen Probe des ursprünglichen Batchs entspricht.

Danach wurden alle Proben zusammen auf einer Fläche verteilt und durchmischt, indem der gesamte Haufen mittels Handschaufeln während zehn Minuten von einer Stelle zur anderen verschoben wurde. Anschliessend wurden mit Handschaufeln von unterschiedlichen Stellen des Haufens vier einzelne Teilproben entnommen (von ca. 40kg für Probe M-1 und M-2 und ca. 16kg für Probe O-1 und O-2). Nach Abschluss dieser Prozedur lagen für jede Probe vier Teilproben vor. Zwei Teilproben pro Probe wurden ausgeschieden. Für die anderen beiden wurde dieselbe Prozedur zweimal wiederholt: einmal für Teilproben mit Motoren (i.e. M-1,A; M-1,B; M-2,A; M-2,B) und einmal für die Teilproben ohne Motoren (i.e. O-1,A; O-1,B; O-2,A; O-2,B), um finale repräsentative Teilproben von etwa 4-5 kg zu erhalten. Diese Menge wurde zur Berücksichtigung der Teilchengrösse (<20 mm) als genügend gross erachtet. An diesem Punkt wurden die Teilproben zwecks weiterführender Vorbehandlung zur Bachema AG versandt, um eine Teilchengrösse von weniger als 1mm zu erreichen.

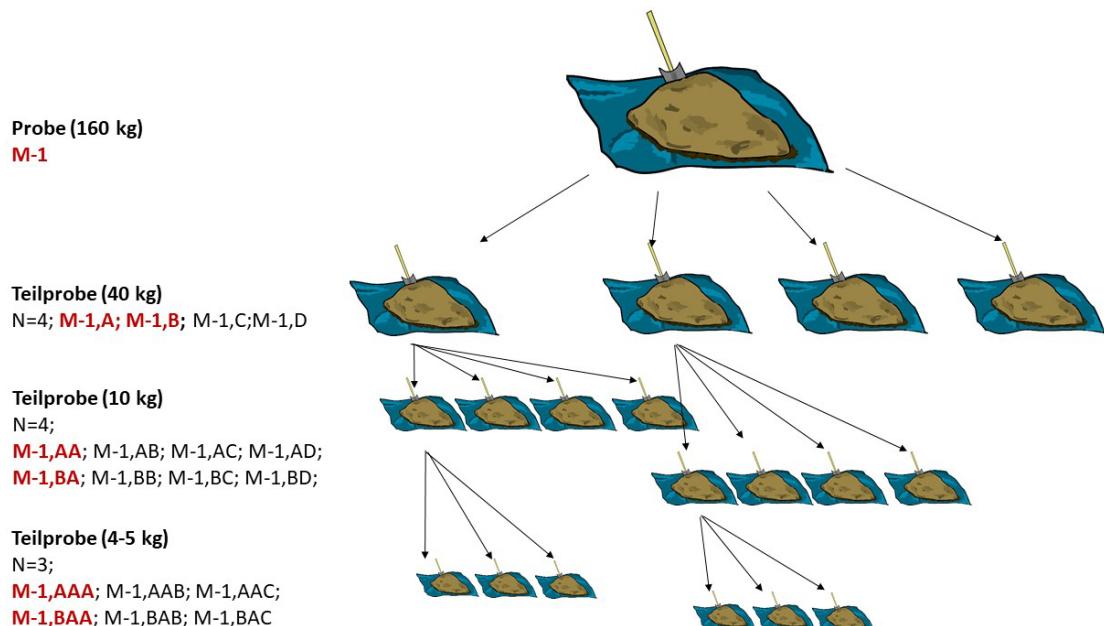


Abbildung 26: Beispiele der Probennahme mittels Schaufeln

Die Masse jedes Haufens belief sich für die Proben M-1 und M-2 auf etwa 40 kg und für O-1 und O-2 etwa 16 kg. Zwei Haufen pro Probe wurden ausgeschieden. Für die beiden Verbleibenden wurde die beschriebene Prozedur für die Proben M-1 und B und einmal für C und D zweimal wiederholt, um eine finale repräsentative Teilprobe<sup>7</sup> (A', B', C' und D') von 4-5 kg für jede Teilprobe (A, B, C und D) zu erhalten. Diese Menge wurde als genügend gross erachtet, um der Teilchengrösse (< 20mm) gerecht zu werden. An dieser Stelle wurden die Teilproben zwecks des

<sup>7</sup> Siehe hellblaue Kästchen in Abbildung 26

Erreichens einer Teilchengröße unter 1 mm, welche geeignet ist für chemische Analysen zur Zerkleinerung an die Bachema AG geschickt.

### 3.2.2.5 Chemische Analysen

Die vier Teilproben wurden jede in drei Replikate geteilt und bezüglich der Massenfraktionen der Elemente Al, Au, Cd, Cr, Cu, Dy, Fe, Hg, La, Nd, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Y, Yb und Zn anhand der folgenden Methoden untersucht:

- Semi-quantitative WD-XRF-Analyse: Hilft beim Erkennen der Anwesenheit der Elemente in einer Probe, aber nicht beim Erkennen der Massenfraktionen der Elemente.
- Quantitative Analyse durch ICP-OES und ICP-MS: Hilft beim Erkennen der Massenfraktion eines Elements in einer Probe. Jede Teilprobe wurde dreimal untersucht.

### 3.2.2.6 Datenqualität und Auswertung

Um die Datenqualität sicherzustellen, wurden entlang der unterschiedlichen Schritte des Experiments mehrere Qualitätskontrollkriterien definiert. Diese beinhalteten die Entnahme von zwei Proben pro Batch, zwei Teilproben pro Probe, drei Replikaten pro Teilprobe und ein Wiederfindungsexperiment mit den zwei Analyten, Y und Yb. Diese Methoden sollen helfen zu verstehen, ob die Probennahme- und Analyseprotokoll genaue sowie präzise Ergebnisse erzeugt.

Die Präzision wird definiert als das Ausmass, in welchem die Ergebnisse für den gleich gemessenen Wert übereinstimmen. Sie wird ausgedrückt durch die Standardabweichung und den Varianzkoeffizienten. Die Standardabweichung misst den Grad der Variabilität der einzelnen Daten vom Mittelwert. Der Varianzkoeffizient wird als Rate der Standardabweichung und dem Durchschnitt der Replikate (N=3), Teilproben (N=2) oder Proben (N=2) angegeben.

Genauigkeit bezieht sich darauf, wie nahe der Durchschnitt der Ergebnisse am «wahren Wert» liegt. Um die Genauigkeit der Ergebnisse festzustellen, wurde eine statistische Analyse bezüglich der Repräsentativität durchgeführt. Diese soll helfen, folgende Frage zu beantworten: Unterscheiden sich die zwei Proben eines Batchs bzw. die zwei Teilproben einer Probe statistisch signifikant? Jede Probe besteht aus zwei Teilproben und wurde auf statistische Unterschiede mittels einer gepaarten, zweiseitigen T-Test-Verteilung bei einem Vertrauensintervall von 95% (p-Wert  $\leq 0.05$ ) geprüft. Es wurde angenommen, dass die Ergebnisse der Proben (z.B. von M-1) den wahren Wert widerspiegeln. Die Null-Hypothese (i.e. wenn der Durchschnitt der beiden Teilproben von M-1 und M-2 identisch ist) deutet darauf hin, dass die zweite Probe (M-2) nicht signifikant vom wahren Wert abweicht.

Dieselbe statistische Methode wurde auch zum Vergleich des Batchs mit Motoren und jenem ohne Motoren verwendet. Es sollte die Frage beantwortet werden, ob zwischen den beiden Batchs signifikante Unterschiede in den Massenfraktionen der Elemente des RESH bestehen. Dazu wurden die Ergebnisse (d.h. zwei Proben pro Batch als Replikate) auf statistische Unterschiede mittels einer ungepaarten, zweiseitigen T-Test-Verteilung mit gleicher Varianz (Homoskedastizität) bei einem Vertrauensniveau von 95% (p-Wert  $\leq 0.05$ ) geprüft.

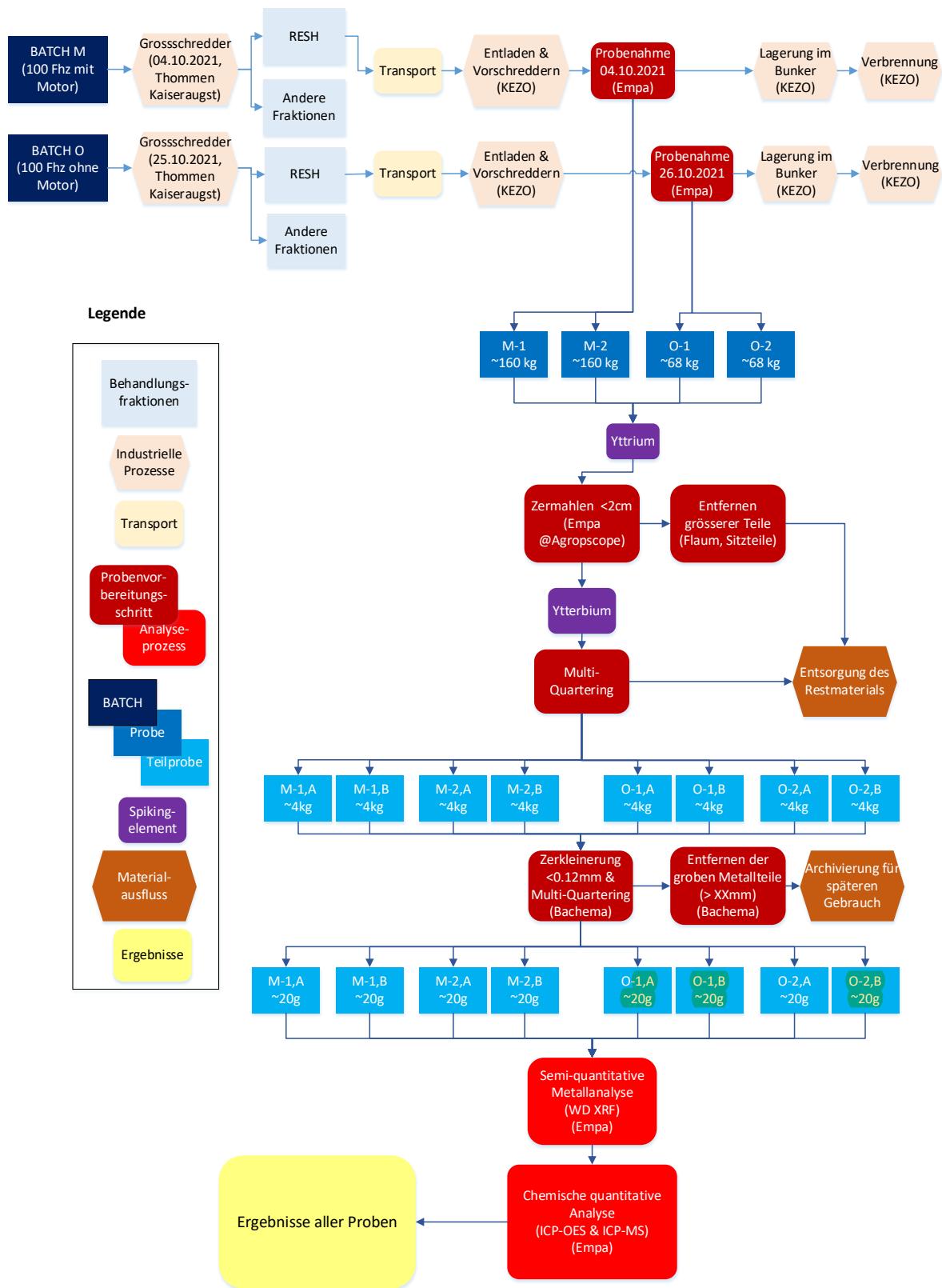


Abbildung 27: Ablauf des Experiments

### 3.3 Ergebnisse

Abbildung 20 zeigt die Massenanteile der verschiedenen im RESH enthaltenen STM. Die Werte in Blau entsprechen den Proben aus dem RESH bei denen Motoren in den Altfahrzeugen enthalten waren (Batch M), während die Werte in Orange den Proben aus RESH aus Fahrzeugen mit vorheriger Entfernung der Motoren entsprechen (Batch O). Allen Werten ist die Standardabweichung der Messungen als Fehlerintervall beigefügt.

Abbildung 28 zeigt zudem die Ergebnisse der statistischen Analyse. Der "t-test" zeigt, wie zwei Gruppen von Messwerten sich gegenseitig unterscheiden, indem er die Wahrscheinlichkeit  $p$  berechnet, dass diese beiden Gruppen von Messwerten nicht zur gleichen Normalverteilung gehören. Dies würde bedeuten, dass der "wahre" Wert, den sie messen, unterschiedlich ist. Der Varianzoeffizient vergleicht die Varianz aller Messgrößen eines Batches mit dem Mittelwert dieser Messgrößen.

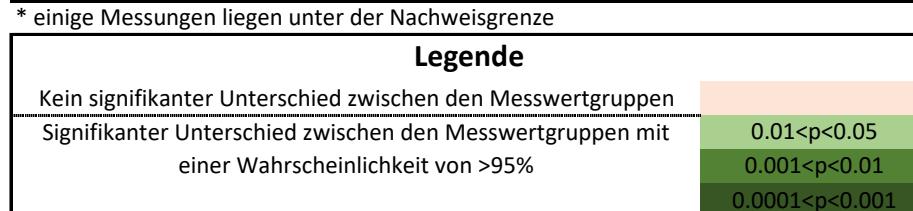
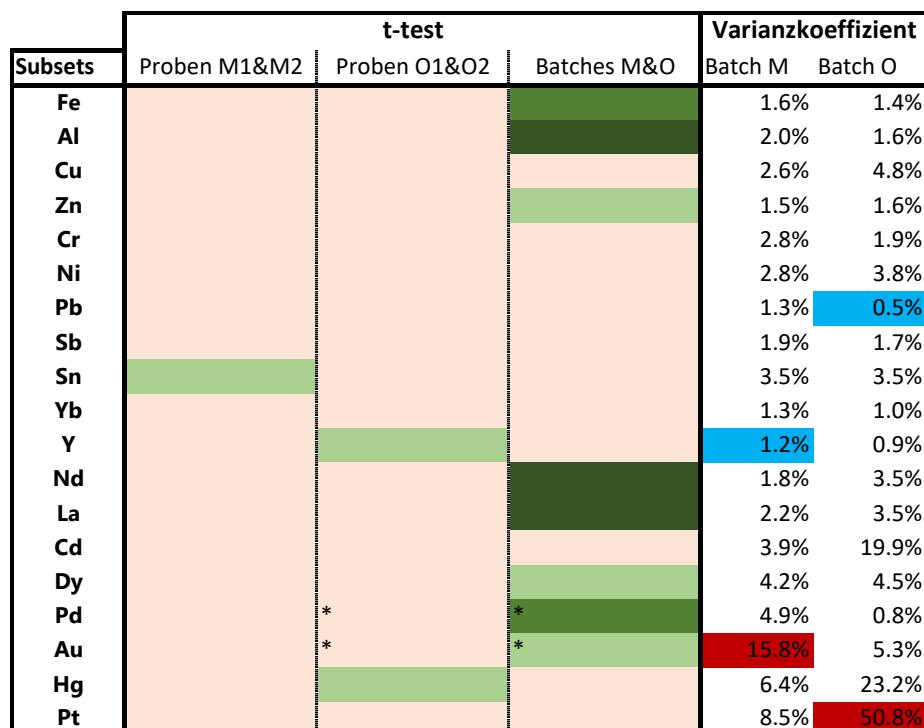


Abbildung 28: Ergebnisse der statistischen Analyse. Die grüne Skala zeigt die STM für jedes Paar von Messreihen an, zwischen denen ein signifikanter statistischer Unterschied festgestellt wurde (je dunkler das Grün, desto signifikanter der Unterschied). Die Farben Blau und Rot zeigen für jeden Batch die STM an, für die der Varianzoeffizient am niedrigsten bzw. am höchsten ist.

### 3.3.1 Repräsentativität der Proben und STM Verluste während der Aufbereitung

Von beiden Analyten Yttrium und Ytterbium wurde ein Massenanteil von ca. 65 ppm in Batch M und ca. 80 ppm in Batch O erwartet. Die Wiederfindungsraten betragen durchschnittlich 73% für Y und 92% für Yb (siehe Abbildung 28). Die hohen Wiederfindungsraten für beide Analyten weisen darauf hin, dass der Probenvorbereitungsprozess für STM verlustarm ist. Die ein wenig tiefere Wiederfindungsrate für Y lässt sich dahingehend interpretieren, dass in der ersten Stufe des RESH-Schredderns auf Teilchengröße 20 mm (siehe Abbildung 27) ein Teil des Y verloren geht. Die darauffolgenden Zermahlungsprozesse geschahen unter Laborabläufen, die darauf ausgelagert sind, die Verlustraten möglichst gering zu halten. Folglich ist der Schredderprozess, welcher in der Hammermühle stattfindet, der einzige Schritt im Probenaufbereitungsprotokoll, in welchem bedeutende Mengen STM verloren gehen könnten, da die darauffolgenden Schritte in strikten Laborprozeduren ablaufen. Außerdem deutet die Tatsache, dass für alle Teilproben die Analyten ähnliche Massenanteile haben, darauf hin, dass die Teilproben für die Proben und Batches, von welchen sie entnommen wurden, repräsentativ sind.

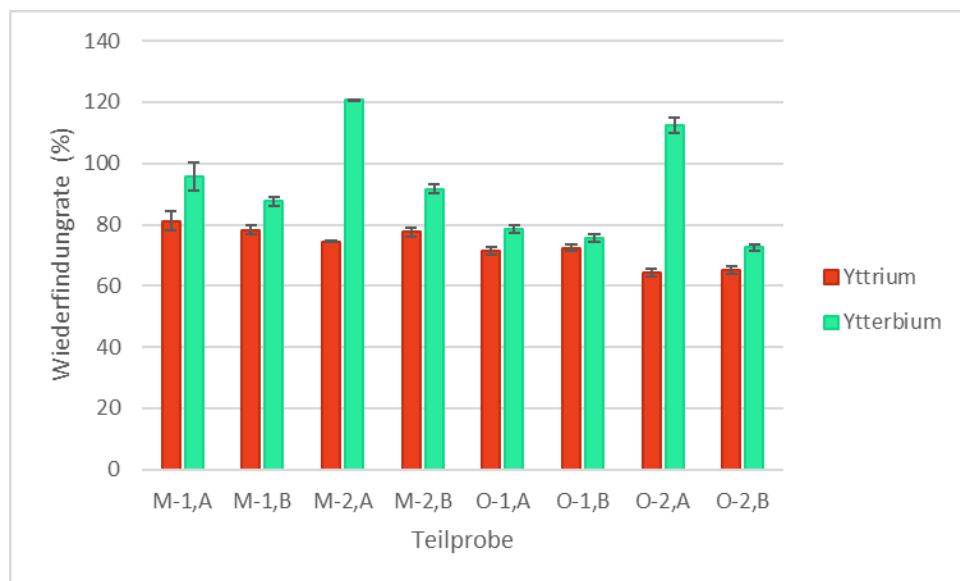


Abbildung 29: Rückgewinnungsraten in % für Yttrium und Ytterbium in den acht Teilproben

### 3.3.2 Vergleich der STM Massengehalte in den Batches M und O

Der Vergleich der STM-Massenanteile beider Batches durch den "t-test" hat ergeben, dass zwölf Elemente (Cu, Cr, Ni, Pb, Sb, Sn, Yb, Y, Cd, Hg, Pt) keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Andererseits weisen sieben Elemente (Al, Fe, Zn, Dy, La, Nd, Pd und Au) statistisch signifikante Unterschiede in den beiden Batches auf (siehe Abbildung 19).

Die Tatsache, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Batches für Elemente besteht, die sehr geringe Massenanteile aufweisen (Dy, La, Pd, Au und Nd), bestätigt, dass die Messmethodik geeignet ist, Variationen zwischen den zwei Batches aufzuzeigen. In diesem Fall deuten die niedrigen Massenanteil für Nd und Dy darauf hin, dass einige Aktuatoren zusammen mit den Motoren

entfernt wurden, da sich diese beiden Elemente meist in den Permanentmagneten der Elektromotoren befinden. Der Unterschied in den Massenanteilen von Au hängt wahrscheinlich mit dem Entfernen einiger Steuergeräte zusammen, in welchen Au am häufigsten vorkommt. Der Massenanteilen von Pd in Batch M ist bedeutend und höher als erwartet, wenn man die Nutzung von Pd in der Elektronik erwartet. Dies könnte daran liegen, dass in Batch M noch einige Katalysatoren (welche Pd enthalten) vorhanden waren, obwohl diese bei der Trockenlegung hätten entfernt werden müssen.

Von beiden Analyten Yttrium und Ytterbium wurde ein Massenanteil von ca. 65 ppm in Batch M und ca. 80 ppm in Batch O erwartet. Die Wiederfindungsraten betrugen durchschnittlich 73% für Y und 92% für Yb. Die hohen Wiederfindungsraten für beide Analyten weisen darauf hin, dass der Probenaufbereitungsprozess verlustarm ist. Die ein wenig tiefere Wiederfindungsrate für Y lässt sich dahingehend interpretieren, dass in der ersten Stufe des RESH-Zerkleinerung (siehe Abbildung 18) ein Teil des Y verloren geht. Die darauffolgenden Zermahlungsprozesse geschahen unter Laborabläufen, die darauf ausgelegt sind, die Verlustraten möglichst gering zu halten. Folglich ist der Zerkleinerungsprozess, welcher in der Hammermühle stattfindet, der einzige Schritt im Probenaufbereitungsprotokoll, in welchem bedeutende Mengen STM verloren gehen könnten, da die darauffolgenden Schritte in strikten Laborprozeduren ablaufen. Die Tatsache, dass für alle Teilproben die Analyten ähnliche Massenanteile haben, deutet darauf hin, dass die Teilproben für die Proben und Batches, von welchen sie entnommen wurden, repräsentativ sind.

### 3.3.3 Präzision und Genauigkeit der Ergebnisse

Abbildung 19 zeigt die statistische Auswertung der Ergebnisse aus Abbildung 20. Es wurden statistische Veränderungen zwischen den Batches wie auch zwischen den Proben untersucht. Für einige der Elemente kann eine statistisch signifikante Veränderung zwischen den Batches festgestellt werden. Zwischen den Proben kann nur in drei Fällen eine statistische Veränderung festgestellt werden.

Die Genauigkeit der Ergebnisse wird durch die Varianzkoeffizienten geschätzt (siehe Abbildung 19). Über die gesamte Liste der analysierten Elemente variiert die Genauigkeit jeweils: Der Medianwert für die Teilproben beträgt 4%, jener für die Proben 3% und jener für die Batches ebenfalls 3%. Angesichts des Aufbaus des Experiments und der Eigenschaften der Materialien deuten diese Ergebnisse auf eine hohe Präzision der Probennahme und des Analysenprotokolls hin.

Die Ergebnisse für alle Elemente wurden mittels eines T-Tests auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen Proben (die durch Teilprobensets repräsentiert werden, z.B. Probe M-1 wird durch die Teilproben M-1,A und M-1,B repräsentiert) und Batches (die durch Probensets repräsentiert werden) geprüft.

Der Vergleich zwischen den Proben desselben Batches hat gezeigt, dass statistische Unterschiede nur in drei Fällen zu finden waren; für Sn im Batch M und für Pb und Y im Batch O. Dies bedeutet, dass die Proben eines Batches die meisten Elemente genau darstellen, da die Proben desselben Batches das Ziel haben, die einzigartigen Merkmale dieses Batches zu erfassen.

Abbildung 29 zeigt die Massenanteile der verschiedenen im RESH enthaltenen Elemente. Die Werte in Blau entsprechen den Proben aus dem Batch M (mit Motoren), und die Werte in Orange entsprechen den Proben aus Batch O (ohne Motoren). Allen Werten ist die Standardabweichung der Messungen als Fehlerintervall beigefügt. Es zeigt sich, dass sich die Massenfraktionen zwischen 102'000 ppm für Fe und 0.10 ppm für Pt bewegen. Dadurch ergeben sich Unterschiede zwischen den Massenfraktionen um sechs Größenordnungen.

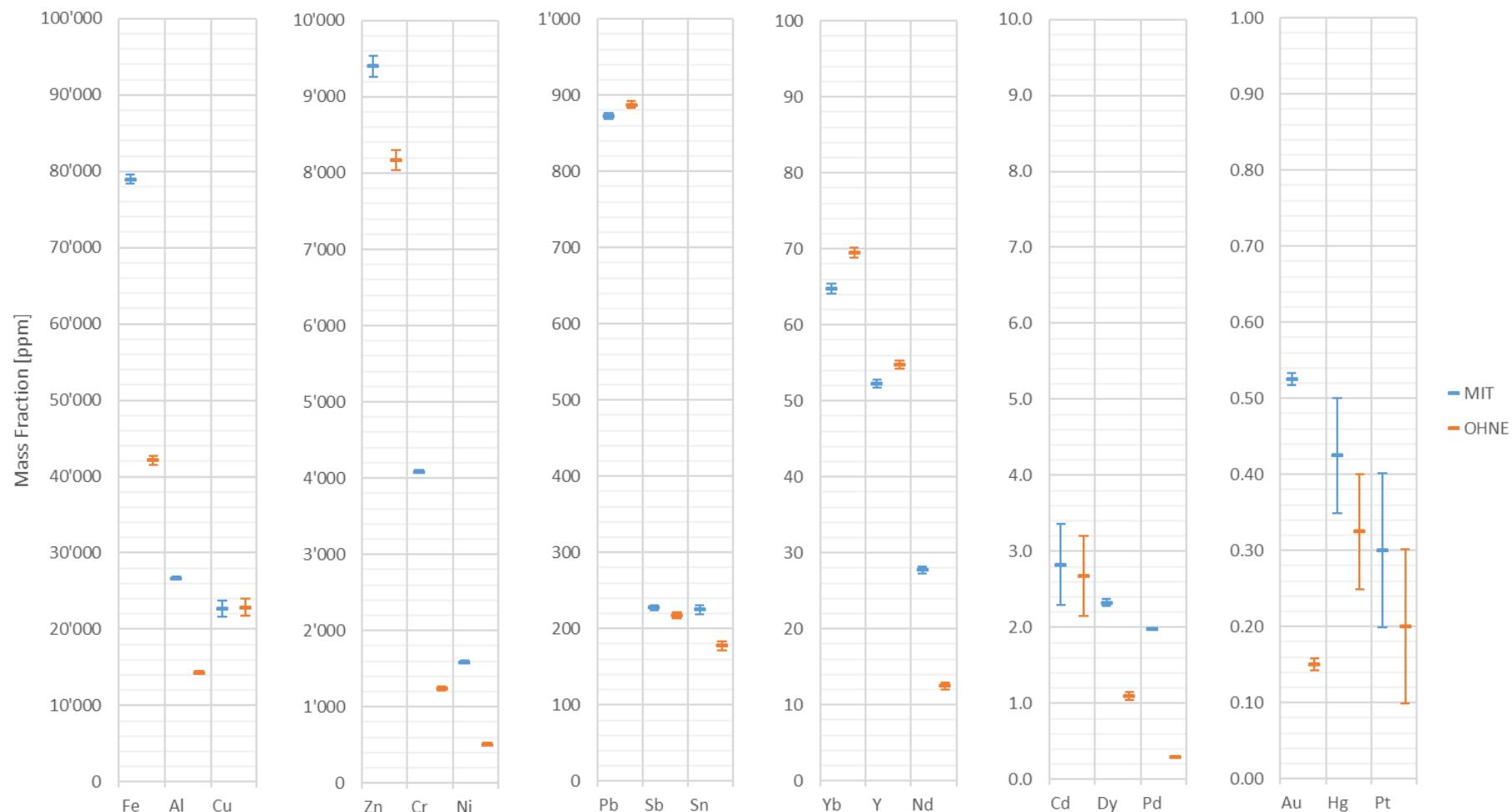


Abbildung 30: Massenanteile der analysierten Elemente mit entsprechenden Größenordnungen (ppm). "MIT" repräsentiert den Batch mit Motoren, und "OHNE" den Batch ohne Motoren.

### 3.4 Diskussion

Das ausführliche, komplexe und zeitintensive Experiment, welches in diesem Kapitel beschrieben wurde, hatte zwei Ziele:

- Entwicklung und Durchführung einer Messmethodik, die aus einem Probenahme- und einem Analyseprotokoll für den RESH besteht, um dessen STM-Inhalt zu messen.
- Nachweis, dass das Protokoll im Stande ist, **präzise** und **genaue** Ergebnisse zu erzeugen, die es ermöglichen, **Unterschiede in der Komposition der Alt-Fhz festzustellen**. Wie die Ergebnisse gezeigt haben, wurden alle drei Bedingungen (Präzision, Genauigkeit und Feststellung möglicher Unterschiede in der Komposition) für die meisten Elemente erfüllt, auch wenn einige nur in sehr geringen Massenanteilen vorhanden sind.

Folglich kann die Messmethodik effektiv als Monitoringinstrument für die Bestimmung der Verluste von STM und anderen Wertstoffen im Schweizer Fahrzeugrecyclingsystem benutzt werden. Für den Gebrauch der Messmethodik im Rahmen des Monitoringinstruments könnten folgende Anpassungen vorgenommen werden:

- Nur ein Batch mit 100 Alt-Fhz mit Motoren
- Keine Teilproben, aber Beibehaltung zweier Proben pro Batch, um eine Qualitätskontrolle beizubehalten
- Kein Spiking mit Y und Yb
- Messen einer Auswahl an STM, die von Interesse sind
- Probenvorbereitung, die an Ort und Stelle erfolgt mit geeigneter Ausrüstung (Hammermühle)
- Durchführung der chemischen Analyse in einem kommerziellen Labor

Unter Berücksichtigung dieser Anpassungen kann das Experiment regelmässig zu einem vernünftigen Preis durchgeführt werden. Um ein repräsentativeres Bild der Situation in der gesamten Schweiz zu erhalten, würde das Experiment idealerweise mit mehreren Batches auf unterschiedlichen Anlagen und in verschiedenen Kehrrichtverbrennungsanlagen durchgeführt.

Tabelle 12: Schätzung des Rückgewinnungspotenzials ausgewählter STM in Massen sowie finanziellem Wert (LME)

	Alt-Fhz in der CH rezykliert (~60k)	Alle Alt-Fhz aus der CH Flotte		
	Jährliche Masse* [kg/Jahr]	Jährlicher Wert** [CHF/Jahr]	Jährliche Masse* [kg/Jahr]	Jährlicher Wert** [CHF/Jahr]
Gesamt	10'440'000		52'200'000	
Cu	236'988	2'500'000	1184'940	12'500'000
Pb	9'109		45'545	
Nd	290	75'000	1'449	370'000
Dy	24.3	16'000	121	80'000
Pd	20.6	1'500'000	103	7'500'000
Au	5.48	340'000	27.4	1'700'000
Hg	4.44		22.2	
Pt	3.13	100'000	15.7	500'000

\*Geschätzt basierend auf den Werten des Batches M (mit Motoren)

\*\*Geschätzt basierend auf Marktpreisen im April 2022

Jedes Jahr erreichen in der Schweiz etwa 300'000 Fahrzeuge ihr Lebensende und verlassen die Fahrzeugflotte, wovon etwa 60'000 innerhalb der Schweiz behandelt werden. Dies bedeutet, dass pro Jahr in der Schweiz mehr als 10'000 Tonnen RESH entstehen, welcher bedeutende Mengen an STM enthält. Tabelle 10 zeigt die Mengen einer Auswahl an Metallen, die in den Massenflüssen des RESH enthalten sind. Die Mengen wurden auf Basis der Ergebnisse, die in diesem Kapitel präsentiert wurden, berechnet. Zu illustrativen Zwecken wurde der Marktwert dieser Mengen für einige Metalle abgeschätzt.

Diese Ergebnisse zeigen klar, dass ein grosses, nicht ausgeschöpftes Rückgewinnungspotential der STM aus EEG in Alt-Fhz vorhanden ist. Durch den Ausbau der STM-enthaltenden EEG aus Fahrzeugen und die anschliessende Behandlung in auf Elektroschrott spezialisierten Recyclinganlagen könnte ein Grossteil dieser Metalle zurückgewonnen werden.

## 4 EEG Batchversuch

### 4.1 Einleitung

Eines der Ziele in EVA II beinhaltete die Untersuchung der Massenflüsse der in EEG enthaltenen Materialien für verschiedene Recyclingmethoden: EEG können zusammen mit dem restlichen Altfahrzeugen im Grossschredder behandelt werden oder zuvor dem Altfahrzeug entnommen werden, um im Elektroschrott Behandlungsstrom weiterverarbeitet zu werden. Um zu untersuchen, wie sich EEG in auf Elektroschrottrecycling spezialisierten Anlage verhalten, wurde ein Batchversuch mit EEG durchgeführt.

Der Batchtest ist ein geeignetes Instrument zur Untersuchung der Rückgewinnungseffizienz von Recyclinganlagen bei der Behandlung bestimmter Stoffströme. Die Verbände Swico und SENS verwenden diese Methode auch bei ihren Recyclingpartnern zur Beurteilung der Recycling- und Verwertungsquoten der jeweiligen Abfallströme. Der Ansatz besteht darin, eine bekannte Menge eines Abfallstroms mit einer typischen Zusammensetzung zu sammeln und in einer Recyclinganlage zu behandeln. Der Input und die Outputfraktionen der Anlage werden dann beurteilt, um das Verhalten des Abfallstroms im Verlauf der Behandlungsverfahren zu untersuchen. Bei Elektroschrott umfasst die Behandlung in der Regel eine erste manuelle Schadstoffentfrachtung. Die erzeugten Fraktionen werden dann gewogen, beprobt und analysiert, um den Input und den Output des Behandlungsprozesses zu vergleichen und die Transferkoeffizienten der Materialien durch den Prozess zu berechnen. Die Inputmasse muss gross genug sein, damit die Ergebnisse aussagekräftig und repräsentativ für den Normalbetrieb sind. Als allgemeine Regel gilt: Je höher die durchschnittliche Masse eines Geräts im Eingangsabfallstrom ist, desto grösser muss die Eingangsmasse sein. Je heterogener der Input-Stofffluss ist, desto grösser ist dieser Effekt. Um die Kontamination der Fraktionen durch andere Abfallströme zu vermeiden, wird die Anlage in der Regel zuvor gereinigt oder der erste Teil des Outputs entfernt, bevor er in der Studie berücksichtigt wird.

Ein Batchtest für EEG ermöglicht folgende Erkenntnisgewinne:

- Information zum Auftrennungsverhalten der EEG in der manuellen und mechanischen Behandlung
- Verbessertes Verständnis der stofflichen Zusammensetzung der EEG-Kategorien
- Erkenntnisse zur Durchführung eines industrielleren Tests der EEG-Behandlung in einer E-Schrott-Recyclinganlage
- Informationsaustausch mit Experten aus der E-Schrott-Recycling-Branche zum EEG-Recycling-Potenzial

## 4.2 Methodik und Versuchsablauf

### 4.2.1 Sammlung der EEG

In Anbetracht der EEG Eigenschaften und der Dimension der Anlage, in welcher der Batchtest durchgeführt werden sollte, wurde aufgrund der Erfahrungen aus den Batchtests im Rahmen der Audits von Swico und SENS, eine Inputmenge von 10 Tonnen als notwendig erachtet, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

Diese Menge an EEG wurde über einen Zeitraum von ungefähr einem Jahr (Mitte 2020 bis Mitte 2021) von den beiden Abfallverwertungsunternehmen und Projektpartnern Altola AG und Häfeli-Brügger AG gesammelt. Im Rahmen ihrer Tätigkeiten sammeln sie in einem Grossteil der Schweiz die von Garagen produzierten Abfälle aus der Fahrzeugverwertung und -reparatur. Sie wurden beauftragt, jegliche Art von Geräten aus Garagen, die als EEG gelten könnten, zu lagern. Der Materialfluss der gesammelten EEG ist begrenzt, da die meisten Geräte zur Wiederaufbereitung an den Hersteller zurückgeschickt werden (siehe Kapitel 2), und auch, weil durch die Coronapandemie die Aktivität des gesamten Sektors reduziert wurde.

Insgesamt wurden bis zum Sommer 2021 9139 kg EEG gesammelt. Aus zeitlichen Gründen wurde beschlossen, das Experiment mit dieser Menge durchzuführen, obwohl die gesammelte Menge noch unter dem Ziel von 10 Tonnen lag.

### 4.2.2 Sortierung, Manuelle Schadstoffentfrachtung und Kategorisierung der EEG

Das gesammelte Material wurde in einem nächsten Schritt in einen Zerlegebetrieb transportiert. Hier wurde das Material von den Experten der E-Waste-Recycling Branche untersucht, um die Geräte anhand ihrer Eigenschaften, die einen Einfluss auf die Behandlung haben könnten (Materialzusammensetzung, Schadstoffgehalt, Komponenten, Grösse usw.), zu kategorisieren. Diese Kategorien sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Einige Geräte wurden aus dem Eingabematerial entfernt, weil sie nicht in den Rahmen der Studie passten. Tabelle 11 beschreibt das aus dem Batchtest ausgeschlossene Material.

Die Ausschlusskriterien waren die folgenden:

- Geräte, welche nicht im Fahrzeug eingebettet sind (Ausnahme externes Ladekabel für Fahrzeuge mit Elektroantrieb)
- nicht elektrisches und elektronisches Gerät
- schadstoffhaltiges bzw. gefährliches Gerät, wie Batterien, Tanks, unter Druckluft stehende Geräte, explosive Geräte wie Airbags
- Sensoren

Das Eingangsmaterial wurde in einem nächsten Schritt sortiert, jedes Gerät fotografiert, wenn nötig entsorgt und der Rest für den Transport zur mechanischen Aufbereitungsanlage vorbereitet.

Tabelle 13: Aus dem Batchtest ausgeschlossenes Material

Materialtyp	Massa
Behälter mit Flüssigkeiten (schadstoffhaltig)	435 kg
Brennbares	6 kg
Glühbirnen	9.5 kg
Andere (out of scope)	1'145 kg
Total aus dem Eingangsmaterial ausgeschlossen	1'596 kg

Tabelle 14: Eingangsmaterial für EEG Batchversuch

Kategorie	Inputmasse	Beschreibung	Behandlung
Scheinwerfer ("Lampen")	1'775 kg	Front- und Rückscheinwerfer. Die Masse dieses Geräts beträgt 2-5 kg. Moderne Scheinwerfer enthalten kleine Elektromotoren sowie Leiterplatten für die intelligente Lichtsteuerung, während alte Modelle einfacher aufgebaut sind und nur eine Glühlampe, etwas Kabel und das Kunststoffgehäuse enthalten.	Manuelle Schadstoffentfrachtung zur Entfernung der Glühlampen, welche Quecksilber (Hg) enthalten können
Aktuatoren ("KFZ-Geräte")	1'332 kg	Jedes Gerät, das eine Bewegung erzeugt. Sie sind in der Regel massiver als Steuergeräte, mit einer typischen Masse von über 1 kg. Sie bestehen meist aus Kunststoffen und Eisenkomponenten mit einigen Kabeln und enthalten Elektromotoren mit Permanentmagneten. Einige enthalten auch kleine Leiterplatten.	Mechanische Behandlung in der auf Elektroschrott spezialisierten Behandlungsanlage (Schreddern und Sortierung der Fraktionen)
Steuergeräte ("Elektronik")	4'081 kg	Jedes elektronische Gerät, das Aktuatoren steuert. Sie sind in der Regel kleiner als Aktuatoren, mit einer typischen Masse von weniger als 1 kg. Sie bestehen meist aus Leiterplatten in Aluminium- oder Kunststoffgehäusen, mit einigen Kabeln.	Keine manuelle Schadstoffentfrachtung nötig

Kategorie	Inputmasse	Beschreibung	Behandlung
Kabel	339 kg	Alle kabelähnlichen Geräte, die Strom oder Informationen zwischen anderen Geräten (Steuergeräten und/oder Aktuatoren) des Fahrzeugs transportieren. Sie bestehen meist aus Kupferkabeln, die mit Kunststoff ummantelt sind, und Steckverbindern.	Keine manuelle Schadstoffentfernung nötig Mechanische Behandlung in einem speziellen Kabelschredder (Zerkleinerung und Sortierung)
<b>Gesamtmenge 7'527 kg</b>			

Eine Teilmenge von etwa 100 Geräten wurde aus allen Kategorien ausgewählt, die im Labor tiefgehend zerlegt werden (Deep Dismantling, siehe Kapitel 5). Neuere Geräte oder Geräte, für die noch keine Daten vorlagen, wurden ausgewählt, um vorhandene Daten aus früheren Projekten und der Literatur zu ergänzen.

#### 4.2.3 Mechanische Behandlung in einer Elektroschrottrecyclinganlage

Das in vier Kategorien getrennte Inputmaterial wurde zur E-Schrott-Recyclinganlage der Solenthaler Recycling AG transportiert. Dort wurden am 16.09.2021 die Kategorien Steuergeräte, Aktuatoren und Scheinwerfer getrennt behandelt und die Fraktionen für jede Kategorie gesammelt. Die Kategorie Kabel wurde im Rahmen des Experiments nicht behandelt, da sie den normalen Kabeln sehr ähnlich ist, für welche die typischen entstehenden Fraktionen und deren Zusammensetzung gut bekannt sind.

Aus Gründen der Vertraulichkeit werden in diesem Bericht nur aggregierte und anonymisierte Ergebnisse in Bezug auf die Fraktionsbezeichnungen gezeigt.

Die mechanische Behandlung führte zu einer Auftrennung der Geräte in folgende aggregierte Fraktionen:

Tabelle 15: Aggregierte Fraktionen der mechanische Behandlung und ihre typischen Inhaltsstoffe

Fraktion	Typische enthaltene Inhaltsstoffe
Eisen	Fe
Aluminium	Al
Eisen-Kupfer	Fe, Cu, Nd, Dy
Leiterplatten	Au, Ag, Pd, Cu und weitere Edelmetalle
Kunststoffe	Kunststoffe, geringe Mengen Cu und Edelmetalle
MMC (Mixed metals)	Cu, Al, Edelmetalle
Leicht magnetisch	Fe, Cu, Al, Nd, Dy
Staub, Verluste, RESH	organisches Material, Staub

#### 4.2.4 Wiegung, Probenahme und Analyse der erzeugten Fraktionen

Die Fraktionen wurden für jede Gerätekategorie gewogen. Bestimmte Fraktionen wurden für eine chemische Untersuchung ihrer Zusammensetzung im Labor untersucht. Dabei wurden die metallischen Partikel, die nicht gemahlen werden konnten, aussortiert und in eisenhaltige, nichteisenhaltige und andere Fraktionen sortiert. Die Trockenmasse wurde bei einer Temperatur von

105°C bei allen Proben gemessen. Die Massenanteile einiger Metalle und Flammschutzmittel (**FR**) wurden ebenfalls mittels ICP analysiert (siehe Tabelle 14). Die folgenden Flammschutzmittel wurden analysiert: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154, BDE 183, BDE 197, DeBDE (BDE 209), PeBDE (DE-71 Great Lakes), OcBDE (DE-79 Great Lakes), HBCD, TBBPA, DeBB.

Tabelle 16: Probenahme der in Tabelle 11 definierten Fraktionen und Parameter jeder Probe

Fraktion	Durchgeführte Massenanteilanalyse		
	Schweinwerfer	Aktuatoren	Steuergeräte
Eisen			
Aluminium			
Eisen-Kupfer			
Leiterplatten	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, FR	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag
Kunststoffe	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, FR	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, FR	Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, FR
MMC			Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, Nd, Dy
Leichtmagn.		Al, Fe, Au, Cu, Pd, Ag, Nd, Dy	

Einige Fraktionen wurden nicht beprobt und analysiert, weil sie in der Regel rein sind (Eisen, Aluminium) und ihre weitere Recyclingbehandlung nicht auf die Rückgewinnung anderer Elemente abzielt, weil die Probenahme oder Probenvorbereitung technisch zu anspruchsvoll war (Eisen-Kupfer) oder weil die Fraktionen in sehr geringen Mengen vorhanden waren. Im Allgemeinen wurde die Probenahme und Analyse für die meisten Edelmetalle und Seltenen Erden in den Fraktionen durchgeführt, in denen sie am wahrscheinlichsten zu finden sind.

#### 4.2.5 Limitierungen der Methodik

Die Methodik dieses Versuchs wird für die Untersuchung des möglichen Verhaltens von EEG als gut geeignet eingeschätzt, wenn die EEG in E-Schrott-Recyclinganlagen getrennt behandelt werden. Gewisse Einschränkungen müssen allerdings beachtet werden:

- Die für dieses Experiment gesammelten EEG sind möglicherweise nicht genügend repräsentativ für die Gesamtheit aller in Fahrzeugen vorkommenden EEG. Wie bereits erwähnt, wurden die in diesem Experiment verwendeten Geräte von den Werkstätten zur Verfügung gestellt, welche diese grösstenteils aus den Reparaturen von Fahrzeugen erhielten. Darüber hinaus wurden einige der ausgetauschten Geräte möglicherweise an den Hersteller für die Wiederaufbereitung zurückgeschickt. Für die verschiedenen Gerätetypen bestehen signifikante Unterschiede in der Wiederaufbereitung (siehe Kapitel 2).
- Bei den Geräten, die am Ende getrennt verwertet werden sollen, handelt es sich um diejenigen, welche auf der Pflichtgeräteliste stehen werden (deren Inhalt jedoch noch nicht feststeht). Sie werden aus Fahrzeugen gesammelt, die ihr Lebensende erreicht haben und nicht aus Fahrzeugen, die während ihrer Nutzungsphase repariert werden. Diese beiden Faktoren wirken sich auf das Alter und die Menge der separat zu verwertenden Geräte aus, die sich von den in diesem Versuch verwendeten Geräten unterscheiden können.
- Eine weitere Einschränkung besteht darin, dass die Menge des gesammelten Inputmaterials (insgesamt 9'139 kg, 7'527 kg nach Entfernen der Geräte, die nicht in den Untersuchungsrahmen dieser Studie fallen) geringer war als die Menge an Geräten, die in ähnlichen Situationen

normalerweise benötigt wird (mindestens 10'000 kg). Zudem wurde das Eingangsmaterial in vier Kategorien sortiert. Dies hat zur Folge, dass die Repräsentativität des Batchs geringer sein könnte, als dies für die Prüfung von Anlagen erforderlich ist (welche im Normalbetrieb mit gemischem Inputmaterial arbeiten würden), was bedeutet, dass die Ergebnisse des Batchtests möglicherweise weniger präzise sind.

- Wegen der geringen Mengen in einer einzelnen Kategorie war es nicht möglich, bei der Behandlung einer neuen Kategorie die erste Ausgabemenge auszuschliessen, wie dies zur "Bereinigung" der Anlage und zur Vermeidung von Verunreinigungen mit dem zuvor behandelten Batch geschehen sollte. Dies könnte einen Einfluss auf die Ergebnisse der chemischen Analyse haben. Die Ergebnisse deuten jedoch nicht auf eine starke Auswirkung dieses Effekts hin, da signifikante Unterschiede zwischen den Batches festgestellt werden konnten für mehrere Elemente.

### 4.3 Ergebnisse und Diskussion

Die aggregierten Ergebnisse, inkl. die chemische Analyse befinden sich im ANHANG E. Bei diesen Ergebnissen wurden für jede Fraktion folgende Vorgehensweise verwendet:

- Die Masse der vor der Analyse sortierten eisenhaltigen Metallteile wurde zu dem durch die Analyse erhaltenen Fe-Massenanteil addiert.
- Die Masse der vor der Analyse sortierten Nichteisenmetallteile (NE-Metalle) wurde zu dem durch die Analyse erhaltenen Al-Massenanteil addiert.

Oftmals enthalten Kunststofffraktionen Flammschutzmittel, welche als Sonderabfälle klassiert und abgetrennt werden müssen. Dieses macht das enthaltene Plastik für die Rückgewinnung ungeeignet. Daher wurden die Leiterplatten sowie Kunststofffraktionen im Labor auf Flammschutzmittel analysiert. Für sämtliche untersuchten Flammschutzmittel konnten keine Rückstände in den Proben festgestellt werden. Die Analysen ergaben, dass sich die Konzentration der Flammschutzmittel unterhalb der Bestimmungsgrenze befindet.

Die massenmässig grössten Fraktionen sind Kunststoffe, Aluminium, Eisen und Leiterplatten. Diese Fraktionen machen 80-90 % der Outputmasse für alle drei Kategorien aus. Beim Vergleich der Input- und Outputmassen wird bei den im Rahmen von Audits durchgeföhrten Batchversuchen aufgrund von Messunsicherheiten und Verlusten während der Behandlung eine Differenz von etwa 5 % als akzeptabel angesehen. Für die Kategorien Scheinwerfer und Aktuatoren wird dieser Richtwert eingehalten. Für die Kategorie Steuergeräte wurde jedoch eine Abweichung von fast 12% festgestellt. Eine mögliche Erklärung ist, dass eine Paloxe mit Inputmaterial aus irgend-einem Grund nicht gewogen wurde. In Anbetracht der typischen Fraktionszusammensetzung von Elektroschrott wäre es möglicherweise zusätzliches Eisen oder Aluminium.

Tabelle 17: Masse der Fraktionen für jeden Batch und Vergleich mit der Masse des Outputmaterials

In/Out	Fraktion	Einheit	Scheinwerfer	Aktuatoren	Steuergeräte	Gesamt
Input	-	[kg]	1'775	1'332	4'081	7'188
	Kunststoffe	[kg]	1'212	473	697	2'382
	Leiterplatten	[kg]	167	82	511	759
	Aluminium	[kg]	119	187	579	885
Output	Eisen	[kg]	89	243	1'152	1'484
	MMC	[kg]	58	143	212	413
	Eisen-Kupfer	[kg]	3	45	117	165
	Leichtmagn.	[kg]	48	77	290	415
	Verluste*	[kg]	20	15	45	79
Differenz Output/Input		[kg]	59	68	478	606
	[-]		3.3%	5.1%	11.7%	8.4%

\*Staub, ReSh, geschätzt basierend auf Normalbetrieb der Anlage

Abbildung 31 zeigt die Zusammensetzung der 3 Gerätekategorien in die Fraktionen nach der mechanischen Behandlung in der Recyclinganlage. Die Verteilung der entstehenden Fraktionen nach der Behandlung der EEG ist vergleichbar mit Recyclingfraktionen aus IT- und Haushaltelektronikgeräten, welche im Normalbetrieb auf der Anlage des Versuchs behandelt werden.

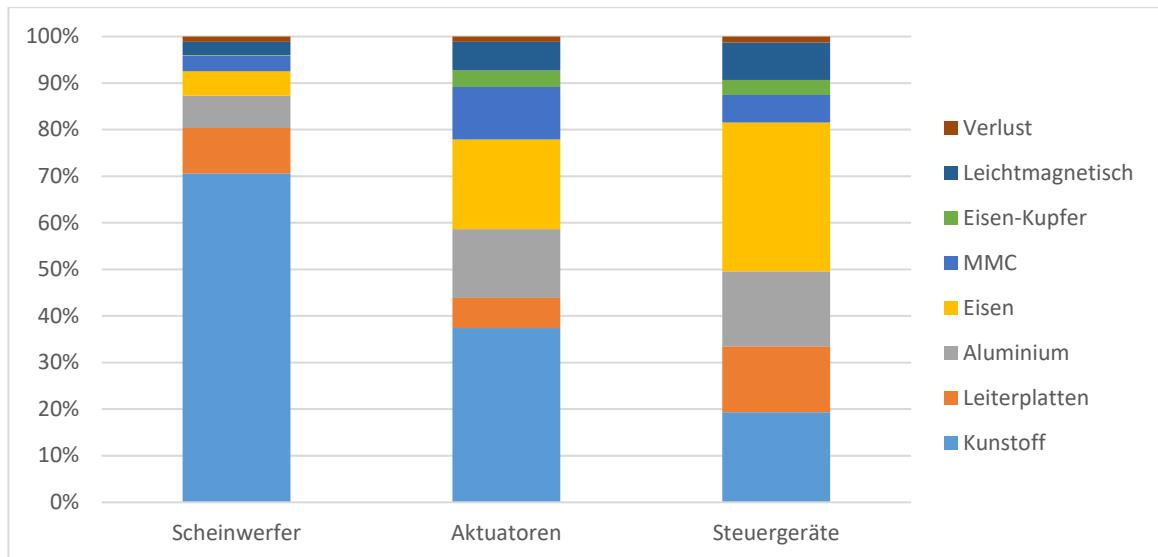


Abbildung 31: Erzeugte Fraktionen für die 3 Gerätekategorien aus dem EEG Batchversuch

Die Zusammensetzung der Fraktionen ist in den 3 Gerätekategorien sehr unterschiedlich. Es überrascht nicht, dass in der Kategorie Scheinwerfer viel Kunststoff anfällt, darunter grosse Mengen an PMMA (besser bekannt als "Plexiglas"), ein transparenter Kunststoff, der für das Recycling wertvoll ist. Ausserdem landen bis zu 10 % der erzeugten Masse in der Fraktion Leiterplatten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass moderne Scheinwerfer Leiterplatten zur Steuerung von Funktionen wie Abblendlicht, gerichtetes Beleuchten, automatisches Ein- und Ausschalten usw. enthalten. Bei genauerer Betrachtung der Fraktion zeigt sich, dass ein erheblicher Teil der Leiterplattenfraktion aus kleineren Kunststoffpartikeln besteht. Die chemische Analyse zeigt in dieser

Fraktion eine geringere Konzentration an Edelmetallen (Au, Ag, Pd, Pt) im Vergleich zur gleichen Fraktion aus den beiden anderen Batches.

Die Kategorie Steuergeräte wies den höchsten Anteil der Fraktion Leiterplatten auf und damit auch die höchsten Massenanteile an Edelmetallen im Vergleich zu der gleichen Fraktion aus den anderen Batches. Dies lässt sich dadurch erklären, dass diese Kategorie hauptsächlich aus Steuergeräten besteht, die mehr und besser bestückte (in Bezug auf Komponenten wie Prozessoren, Stecker usw.) Leiterplatten enthalten als die anderen Kategorien. Hier befindet sich auch der grösste Anteil an Eisen- und Aluminiumanteilen, die wahrscheinlich aus den Gehäusen stammen. Im Allgemeinen haben diese Geräte die grösste Ähnlichkeit mit dem Elektroschrott, der normalerweise in einer solchen Anlage behandelt wird. Diese Anlagen sind dafür optimiert, wertvolle Materialien aus dieser Art von Geräten abzutrennen und aufzukonzentrieren. Infolgedessen sind die mit dieser Kategorie erzeugten Fraktionen reiner und von höherem Wert.

Aus der Kategorie Aktuatoren resultierte ein geringerer Anteil an Leiterplatten, die im Vergleich zu Steuergeräten zudem einen geringeren Massenanteil an Edelmetallen enthalten. Die gewichtsstärksten Fraktionen sind Kunststoffe, Eisen, Aluminium und Mischmetalle. Letztere enthalten erhebliche Mengen an Cu und Ag. Allerdings wurden in dieser Fraktion nur Spuren von Nd und Dy gefunden, was darauf schliessen lässt, dass die Motoren und Magnete in einer anderen Fraktion, wie z. B. Eisen-Kupfer, landen.

## 5 Deep Dismantling von EEG

### 5.1 Einleitung

Zusätzlich zu dem im Kapitel 4 beschriebenen Batchversuch zum Verhalten von EEG in der Recyclinganlage und deren Fraktionsauftrennung, wurde eine Tiefenzerlegung an ausgewählten EEG durchgeführt. Hierzu wurden Geräte aus der Gesamtmenge des Batchversuchs entnommen und ins Labor der Empa gebracht. Ziel war es, Zusammensetzungsdaten ausgewählter EEG Typen zu erhalten, für welche aus früheren Studien wenig bis keine Daten verfügbar waren. Dadurch kann eine durchschnittliche Zusammensetzung für Gerätetypen ermittelt werden, welche für das Projekt EVA II relevant sind.

Dazu wird eine weitreichende Zerlegung (sog. Deep Dismantling) durchgeführt: Die Geräte werden in ihre materialstofflich relevanten Einzelteile zerlegt und deren Bestandteile gewogen.

### 5.2 Methodik

Abbildung 32 zeigt den Ablauf welcher bei allen untersuchten Geräte durchgeführt wurden: Für die Datenerfassung wird das Gerät als Ganzes vor der Zerlegung fotografiert und gewogen. Außerdem wird jedes Gerät, sofern möglich, anhand des Herstellercodes auf dem Gerät durch Internetrecherche identifiziert. Nachdem die Zerlegung stattgefunden hat, werden die Einzelteile des Geräts gewogen und fotografiert.

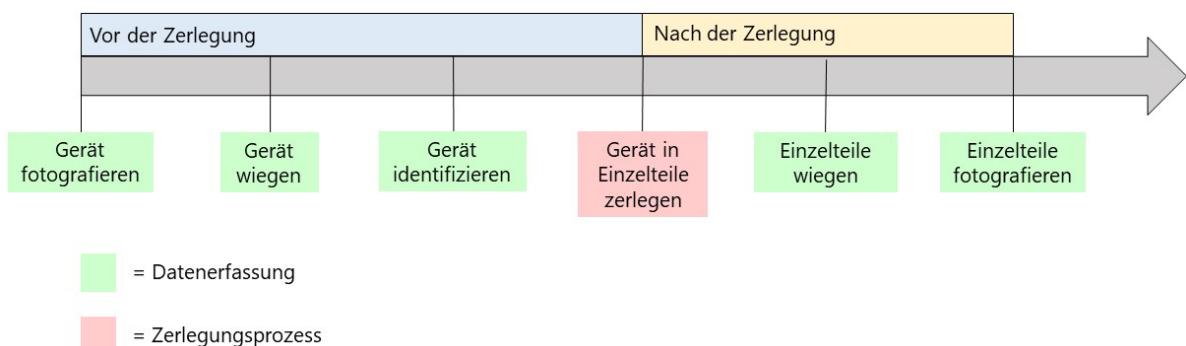


Abbildung 32: Zeitlicher Ablauf des Deep Dismantling

Das Deep Dismantling wurde durch Handzerlegung durchgeführt. Hierzu wurden einfache Werkzeuge verwendet (siehe Abbildung 33).



Abbildung 33: Manuelle Zerlegung

Abbildung 34 dokumentiert die Zerlegung eines Geräts am Beispiel eines Kombiinstruments.

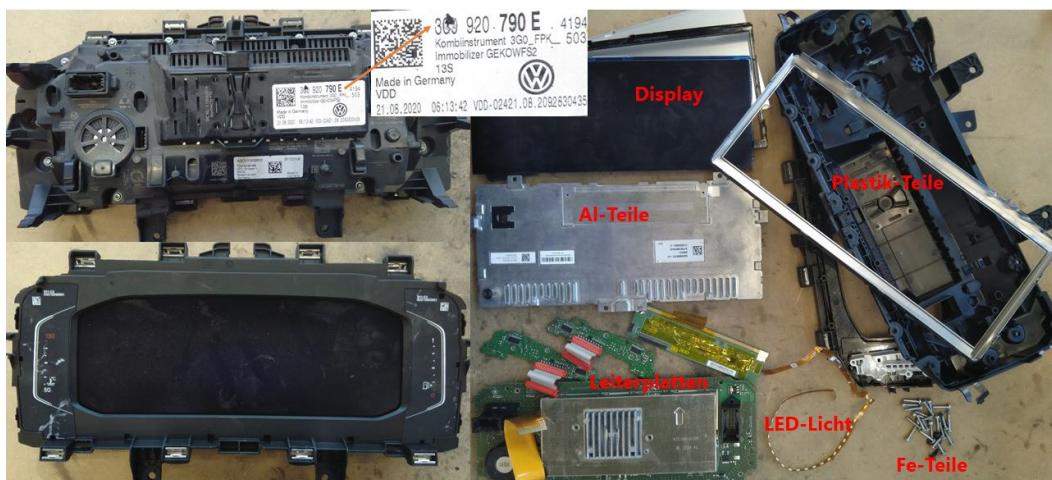


Abbildung 34: Kombiinstrument vor und nach der Zerlegung\*

\*(links: Vorderseite und Rückseite mit Herstellercode; rechts: Einzelteile des Kombiinstruments)

Die Zerlegung geschah soweit wie möglich bis auf das Niveau der einzelnen Komponenten der Geräte. Das Niveau ergibt sich aus der im Voraus bestimmten Komponentenliste (siehe ANHANG B). Zusätzlich wurden bestimmte Komponenten bestimmt, deren Unterkomponenten analysiert werden. In vielen Fällen ist es nicht möglich alle Einzelteile aus dem Gerät zu entnehmen, ohne Teile zu zerstören. Beispielsweise ist die Plastikumhüllung bei Scheinwerfern, mit einem starken Leim verklebt, was die Abtrennung der Hülle vom restlichen Gerät erschwert.

In diesen Fällen war eine destruktive Zerlegung der Geräte unvermeidbar. Dies reduzierte in bestimmten Fällen die Genauigkeit mit der die Zusammensetzung eines Geräts bestimmt wurden. In Tabelle 16 wird die Komponentenliste mit den dazugehörigen Definitionen der Komponenten sowie den befolgten Zerlegeregeln genauer erläutert.

Tabelle 18: Komponentenliste mit Definition, Zerlegungsregel und Beispielbild

### 5.2.1.1 Leiterplatte

#### Beschreibung

Eine Leiterplatte (engl. Printed circuit board, PCB) ist ein Träger aus Kunststoff für elektronische Bauteile (Kondensatoren, Prozessoren, elektrische Widerstände, etc.). Diese befindet sich unter anderem in Steuergeräten und enthält Kupfer (Cu) und viele Arten von seltenen technischen Metallen (STM), beispielsweise Silber (Ag), Gold (Au), Palladium (Pd), Ruthenium (Ru).

#### Zerlegungsregel

Kabel und Steckverbinder werden soweit wie möglich von der Leiterplatte entfernt. Andere Teile (z.B. Sicherungen, LED), die festgeschweisst sind, verbleiben auf der Leiterplatte und werden zu deren Masse dazugezählt.



### 5.2.1.2 Kabel und Steckverbinder

#### Beschreibung

Kabel und Steckverbinder dienen beispielsweise dazu, eine Verbindung zwischen zwei Leiterplatten herzustellen, um Energie oder Information zu transportieren. Diese Komponente umfasst kleine Elektronik und enthält Cu, sowie einige STM (Au, Ag, etc.).

#### Zerlegungsregel

Werden zusammen gewogen.



### 5.2.1.3 Motor

#### Beschreibung

Ein Motor ist eine Maschine, die aus elektrischer Energie Bewegung erzeugt. Der Aufbau besteht aus einer Stahl- oder Eisenstruktur (Stator und Rotor) und Kupferwicklungen, welche sich in einem metallischen Gehäuse befinden. Ein Motor enthält meistens ferrit- oder neodymreiche Magnete. Motoren sind Bestandteile von Aktuatoren. Sie gehören zu den Komponenten, welche weitere bestimmbare Unterkomponenten enthalten (Fe-Teile, Cu-Teile, Magnete). Motoren als Komponenten müssen unterschieden werden von elektrischen Antriebsmotoren, welche als eigener Gerätetyp gelten. Alle Motoren dieses Komponententyps funktionieren nach ähnlichen Prinzipien und enthalten ähnliche Elemente in ähnlichen Massenverhältnissen. Allerdings decken die Motoren dieses Komponententyps ein grosses Spektrum ab, was ihre Masse anbelangt (von einigen Gramm bis zu mehreren Kilogramm).



#### Zerlegungsregel

Wird als Ganzes gewogen. Eine Auswahl an Motoren wird zerlegt, um eine Durchschnittsmasse der Komponenten über verschiedene Motorengrössen zu erhalten (siehe Abschnitt über Proben weiter unten).

### 5.2.1.4 Bildschirm

#### Beschreibung

Eine elektrisch angesteuerte Anzeige ohne bewegliche Teile zur optischen Signalisierung von veränderlichen Informationen wie Bildern oder Zeichen. In diesem Projekt wurden Bildschirme als Ganzes als Komponente eines Geräts behandelt. Sie sind oftmals in Steuergeräten enthalten. Typische Elemente und Teile eines Bildschirms sind Kunststofffolie, LED-Lichter, Aluminiumumrahmung, etc.



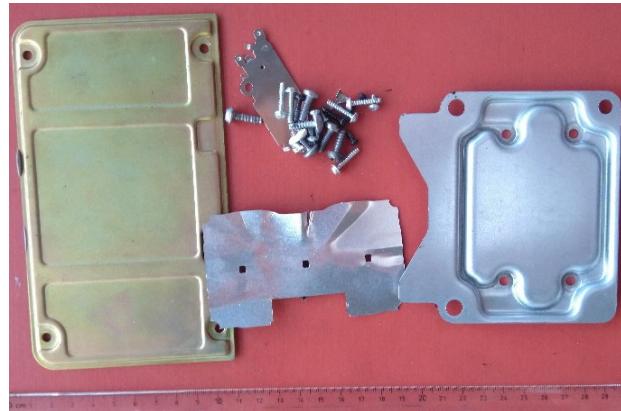
#### Zerlegungsregel

Wird als Ganzes gewogen, aber von verbundenen Leiterplatten getrennt.

### 5.2.1.5 Fe-Teile

#### Beschreibung

Eisen (Fe) ist als Element breit verfügbar, welches es zu einem preiswerten Rohstoff macht. Zudem ist es zäh und fest. In der Regel wird nicht reines Fe verwendet, sondern Stahl oder Legierungen (z.B. Edelstahl), um gewisse Eigenschaften zu verbessern oder die Langlebigkeit zu erhöhen. Die Komponente Fe-Teile enthält deshalb oft neben Fe noch andere Elemente, beispielsweise Chrom (Cr) oder Nickel (Ni). Fe kommt zum Einsatz in Gehäusen, Strukturen, Schrauben, etc. und ist Bestandteil von beinahe allen Geräten. Es zählt zu den ferromagnetischen Metallen und kann deshalb ggf. bei Elektromotoren, Transformatoren und Generatoren eingesetzt werden.



#### Zerlegungsregel

Werden identifiziert mit Hilfe eines separaten Magnets sowie gewogen.

### 5.2.1.6 Al-Teile

#### Beschreibung

Aluminium (Al) in metallischer Form ist ein guter Wärmeüberträger sowie Leiter von elektrischem Strom. Al-Teile enthalten oft auch andere Elemente in Form von Legierungszusätzen (Cu, Mg, Mangan (Mn), Silikon (Si), Zinn (Sn), Zink (Zn)) oder Unreinheiten (vor allem bei gegossenen Al-Teilen). Es wird häufig eingesetzt bei Radiatoren, Gehäusen, Elektrizitätsübertragungen, strukturellen Elementen, etc. von unterschiedlichen Gerätetypen, in gegossener oder geschmiedeter Form.



#### Zerlegungsregel

Werden festgestellt mithilfe eines Magnets: sie bleiben nicht am Magneten haften.

### 5.2.1.7 Cu-Teile

#### Beschreibung

Cu-Teile enthalten vor allem Cu; ein rotbraunes, dehnbare Metall. Es ist gut schmiedbar. Nach Silber weist es die beste elektrische Leitfähigkeit auf und hat auch ein sehr gutes Wärmeleitvermögen. Deshalb wird in allen möglichen Kabeltypen verwendet. Elektrischen Leiter, die das Material nutzen, bestehen zu beinahe 100% aus Cu. Für andere Verwendungszwecke können auch Legierungsmittel enthalten sein neben dem Cu. Es kommt in bedeutenden Mengen in elektrischen Motoren vor.



#### Zerlegungsregel

Werden festgestellt anhand ihrer rötlichen Farbe. Das Kupfer kleinen Kabeln wird nicht in diese Kategorie gezählt, da das Kabel als Gesamtes unter die Kategorie Kabel und Steckverbinden fällt.

### 5.2.1.8 Licht/LED

#### Beschreibung

Bei Glühbirnen wird ein Wolframdraht durch Zufuhr von Elektrizität erhitzt. Als Nebenprodukt der Wärme wird Licht abgegeben. Bei LED-Lampen wird Strom durch einen kristallinen Halbleiter geleitet, der dann Licht emittiert. LED-Lampen sind energieeffizienter. Leuchtmittel. Xenon-Glühbirnen in Frontscheinwerfern können Quecksilber enthalten, welches umweltbelastend und giftig ist.



#### Zerlegungsregel

Unterteilt sich in Xenon-Glühbirnen aus Scheinwerfern (können Quecksilber enthalten) und LED-Lampen. LED-Lampen können meist nicht separat gewogen werden, da sie nicht von den Leiterplatten, auf denen sie sich befinden, abgetrennt werden können. Ausnahmen bilden LED-Lichter zur Beleuchtung von Bildschirmen, die an den Innenrand des Bildschirms geklebt sind und sich abtrennen lassen.

### 5.2.1.9 Kunststoff-Teile

#### Beschreibung

Festkörper, deren Grundbestandteil synthetisch oder halbsynthetisch erzeugte Polymere mit organischen Gruppen sind. Herausragendes Merkmal von Kunststoffen ist, dass sich ihre technischen Eigenschaften durch die Auswahl von Ausgangsmaterial, Herstellungsverfahren und Beimischung von Additiven in weiten Grenzen variieren lassen. Können Flammenschutzmittel enthalten (solche wurden jedoch während der Arbeit am vorliegenden Projekt keine identifiziert). Durch die weitverbreitete Nutzung wurde während des Projekts eine grosse Anzahl verschiedener Kunststoffsorten identifiziert. Die häufigsten darunter sind ABS, PC/ABS, PMMA, PC und PBT. Kunststoffe können transparent sein (z.B. PMMA).



#### Zerlegungsregel

Werden soweit dies möglich ist, durch Beschriftungen auf den einzelnen Teilen einer Auswahl an Kunststoffen zuordnet. Dies sind: ABS, PC/ABS, PPO/PS, PA, PPO, PMMA, PO (PP, PE, PMP), PC, PPE/ABS, PC/PBT, PBT, Andere.

### 5.2.1.10 Magnete

#### Beschreibung

Generell unterscheidet man zwei Arten von Magneten: Ferrit-Magnete (matte Oberfläche, enthalten keine seltenen Erden) und Neodym-Magnete (glänzende Legierung), enthalten Nd, Dy, Pr, La, Co. Neodym-Magnete sind sehr viel stärker als Ferrit-Magnete. Diese Unterscheidung wird im vorliegenden Projekt für Motoren als Komponenten nicht berücksichtigt.



#### Zerlegungsregel

Wenn möglich werden die reinen Magnete gewogen. Viele Magnete (z.B. diejenigen in Lautsprechern) können allerdings nicht von ihren Metallumhüllungen getrennt werden. In diesem Fall wird die Masse des Gesamten (Magnet + Umhüllung) festgestellt.

### 5.2.1.11 Andere Metalle

#### Beschreibung

z.B. Zinn, Messing, Blech, Magnesium-Legierungen, Blei. In diese Komponente fallen alle Metalle oder Metalllegierungen, die zu keiner der anderen Kategorien gehören.

#### Zerlegungsregel

Hierzu werden alle Metalle gezählt, die nicht eindeutig der Kategorie Fe-Teile, Al-Teile oder Cu-Teile zugeordnet werden können.



### 5.2.1.12 Elektrische Kabel

#### Beschreibung

Elektrische Kabel können in einer Vielzahl von Gerätetypen enthalten sein, z.B. in Batterieladegeräten oder Ähnlichem. Enthalten vor allem Kupfer oder Kupferlegierungen, sowie Kunststoffe. Der Unterschied zur Kategorie der Kabel und Steckverbindungen besteht im Durchmesser der Kabel.

#### Zerlegungsregel

Die Komponenten dieser Kategorie werden in Form einer Probe analysiert (siehe Abschnitt über Proben weiter unten). Der Durchmesser dieser Kabel beträgt ca. 1 cm. Kabelbäume sind ein separater Gerätetyp.



### 5.2.1.13 Stecker zu elektrischem Kabel

#### Beschreibung

Verschiedene Steckertypen (Bild: von links nach rechts): CHAdeMO-Stecker, Typ 1-Stecker, Typ 2-Stecker, Combo-Stecker. Enthalten vor allem Kupfer und Kupferlegierungen. Können manchmal andere Metalle enthalten für die Steckverbindungen, sowie Kunststoffe oder aber auch Eisen für die strukturellen Komponenten.



Quelle: Die wichtigsten Ladekabel- und Steckertypen für Elektroautos – Magazin für Elektromobilität (energieloesung.de)



#### Zerlegungsregel

Die Komponenten dieser Kategorie werden in Form einer Probe analysiert (siehe Abschnitt über Proben weiter unten).

### 5.2.1.14 Rest

#### Beschreibung

z.B. Gummi, Schaumstoff, Silikonteile, etc. Sämtliche Materialien, welche keiner der oben genannten Kategorien entsprechen.

#### Zerlegungsregel

Hierzu gehört alles, was nicht eindeutig einer der Komponentenkategorien zugeordnet werden kann.



## 5.3 Ergebnisse und Diskussion

Die detaillierte Ergebnisse pro Gerät befinden sich im ANHANG F.

Im Rahmen des Versuchs wurden **99** Geräte tiefenzerlegt (Abbildung 36). Die durchschnittlichen Massenanteile der verschiedenen Komponenten pro Gerätetyp wurden anhand der Ergebnisse des Deep Dismantling bestimmt (siehe Abbildung 37). Dadurch konnte die Datenlage zur Zusammensetzung verschiedener Gerätetypen verbessert werden. Die durchschnittlichen Massenanteile der verschiedenen Komponenten pro Gerätetyp wurden anhand der Ergebnisse des Deep Dismantling bestimmt (siehe Abbildung 37).

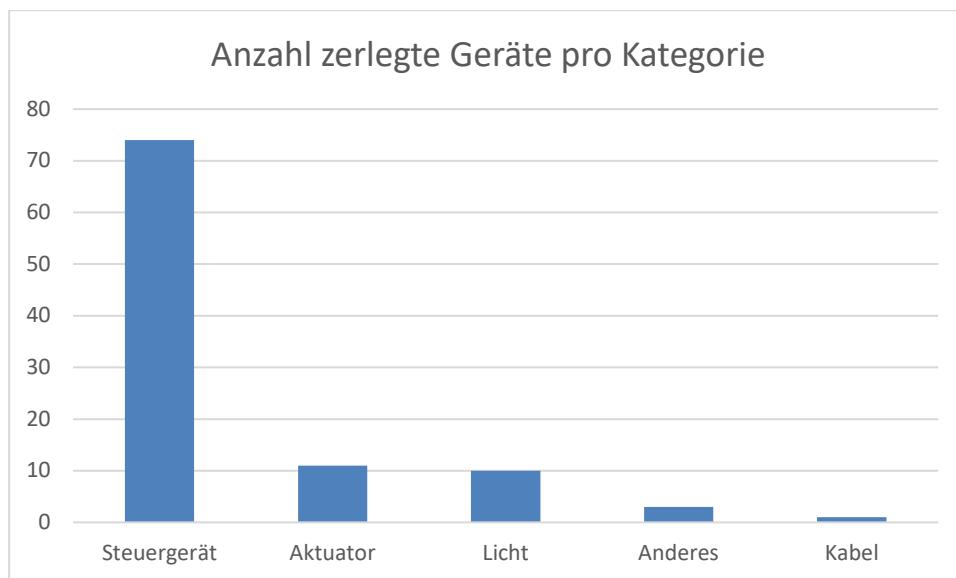


Abbildung 35: Anzahl Geräte pro Gerätetekategorie

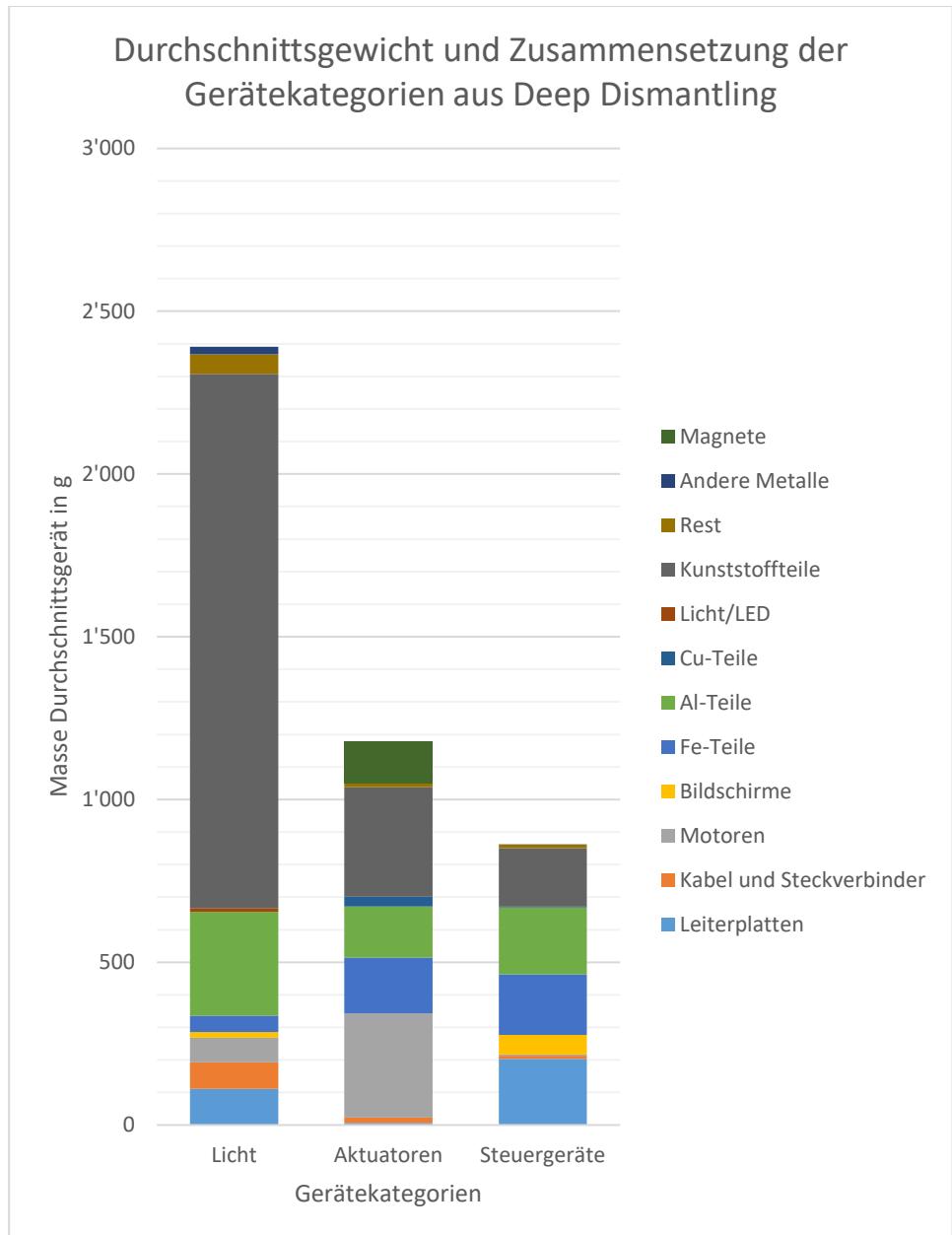


Abbildung 36: Durchschnittsmasse und Anteil an Komponenten pro Gerätekategorie

Zusätzlich konnten folgende Erkenntnisse aus dem Deep Dismantling gewonnen werden:

### 5.3.1 Zusammensetzung der in EEG enthaltenen Elektromotoren

Bei den Proben der Motoren verschiedener Grösse zeigte es sich, dass die Zusammensetzung grosser Motoren anders ist, als diejenige kleiner Motoren. Werden nur Motoren mit einer Masse über 100 g betrachtet, so sinkt die Standardabweichung der durchschnittlichen Komponentenanteile. Somit ist die Zusammensetzung grösserer Motoren homogener. Vor allem der Anteil der Fe-Teile variiert stark je nach Masse des Motors, was dadurch erklärt werden kann, dass bei grösseren Motoren das Gehäuse einen grösseren Anteil der gesamten Komponentenkomposition ausmacht als bei Motoren unter 100 g.

Tabelle 19: Unterschied alle Motoren mit grossen Motoren (&gt;100g)

	Alle Motoren		Nur grosse Motoren (>100g)	
	Durchschnitt	Std. Abw.	Durchschnitt	Std. Abw.
Magnet	22%	9%	17%	2%
Cu-parts	10%	4%	9%	3%
Fe-parts	67%	14%	75%	4%

### 5.3.2 Anteile der in EEG enthaltenen Kunststoffe

Bei den Kunststoffteilen zeigte sich, dass die Kunststoffsorten ABS, PC/ABS, PMMA, PC und PBT (alle haben einen Anteil von mehr als 10%, siehe Tabelle 18) in den in diesem Projekt untersuchten EEG am häufigsten vorkamen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Kunststoffteile einiger Geräte aufgrund mangelnder Information keiner Kunststoffsorte zugeordnet werden könnten. Die Gesamtmasse aller Kunststoffteile (31'203 g) ist deshalb grösser als die Gesamtmasse der identifizierten Kunststoffsorten (20'582 g).

Tabelle 20: Kunststoffsorten der Kunststoffteile

	ABS	PC/ABS	PPO/PS	PA	PPO	PMMA	PO (PP, PE, PMP)	PC	PPE/ABS	PC/PBT	PBT	andere	Alle
Anzahl Teile	13	16	0	12	0	5	6	9	1	2	7	14	
Masse [kg]	4.7	3.5	0	1.9	0	2.2	0.7	2.3	0.5	0.7	2.4	1.7	20.6
Anteil Masse	23%	17%	0%	9%	0%	11%	3%	11%	3%	4%	12%	8%	100%

Die zusätzlichen Erkenntnisse zu den Motoren sowie zur Kunststoffzusammensetzung können für die Bestimmung des Rückgewinnungspotenzial bestimmter Materialien aus EEG in den Modellen verwendet werden.

## 6 Datenbank und –struktur

### 6.1 Einleitung

Die im Rahmen dieses Berichts generierten Primärdaten, sowie Daten aus früheren Studien wurden in einer gemeinsamen Datensammlung zusammengeführt und die Daten standardisiert sowie aufbereitet.

### 6.2 Datenquellen

Die Datenbank führt verschiedene Quellen, welche im Rahmen von EVA II sowie früheren Projekten Informationen zu EEG enthalten. Diese werden durch eine Quellenreferenz (ID\_Reference) identifiziert. Hierzu dient die Übersicht in Tabelle 19.

Tabelle 21: Datenquellen der Datenbank

ID_Reference	Year	Country	Lead_author	Complete_name
ref001	2015	Switzerland	Widmer	Widmer et al. 2015
ref002	2019	USA	Nguyen	Nguyen et al. 2019
ref003	2017	Germany	Groke	Groke et al. 2017
ref004	2019	Japan	Yano	Yano et al. 2019
ref005	2017	Switzerland	Restrepo	Restrepo et al. 2017
ref006	2021	Switzerland	Loevik&Marmy	Loevik & Marmy 2021
ref007	2022	Switzerland	Marmy	Marmy et al. 2022

Die Datenbank umfasst **1282** Geräte, eingeteilt in **43** Gerätetypen und **4** Gerätekategorien. Zusätzlich enthält sie **1277** Gerätekomponenten eingeteilt in **14** Komponententypen (siehe hierzu ANHANG A sowie ANHANG B für vollständige Liste).

Sie bietet umfassende wie transparente Daten zu Fahrzeugen, Geräten und Komponenten, sowie die Verbindung zwischen den Datenebenen (welches Bauteil befindet sich in welchem Fahrzeug, und jeder Datenpunkt stammt aus welcher Referenz). Tabelle 20 zeigt eine Übersicht der verfügbaren Daten auf den verschiedenen Modellebenen:

Tabelle 22: Datengruppen der verschiedenen Auflösungsebenen

Modellebene	Verfübare Daten	Kommentare
Fahrzeugebene	Fahrzeug ID, Referenz ID, Fahrzeugmodell, Gesamtmasse Fahrzeug, Enthaltene EEG pro Fahrzeug, Fahrzeugjahr, Antriebstechnologie etc.	Nicht verfügbar für Daten aus dem Deep Dismantling (ref007)
Geräteebene	Referenz ID, Fahrzeug ID, Geräte ID, Gerätetyp, Gerätekategorie, Gerätemasse, (Ausbauzeit)	
Komponentenebene	Referenz ID, Fahrzeug ID, Geräte ID, Komponent ID, Komponententyp, Gesamtmasse, Anteil an Chemischen Elementen (insbesondere Metalle)	

## 6.3 Aufbau der Datenbank

Für die einfache Verwendung der Datenbank und die Ermöglichung von Filterfunktionen war eine Standardisierung und Bereinigung der Daten notwendig. Dies erfolgte nach dem beschriebenen Vorgehen:

### 6.3.1 Vorgehen auf Geräteebene

- Identifikation einer Anzahl an Gerätetypen, welche klar abgrenzbar sind und die Rahmenbedingungen eines "eingebetteten elektronischen Geräts" erfüllen.
- Benennung jedes Gerätetyps mit einem "Type\_device\_standard"-Namen
- Standardisierung der Daten der verschiedenen Quellen, so dass jedem Datenpunkt eine "Type\_device\_standard" Bezeichnung zugeordnet werden kann
- Gruppierung aller Gerätetypen in die identifizierten Gerätekategorien
- Standardisierung der Daten, so dass jedem Datenpunkt eines Geräts eine Gerätekategorie zugeordnet werden kann

### 6.3.2 Vorgehen auf Komponentenebene

- Identifikation einer Anzahl an Gerätekomponenten
- Benennung jeder Komponente mit einem "component\_standard\_name"
- Standardisierung der Daten, so dass jedem Datenpunkt einer Komponente der korrekte "component\_standard\_name" zugeordnet werden kann

Tabelle 21 zeigt eine Übersicht der wichtigsten verwendeten Datenparameter wie sie in der Datenbank verwendet werden anhand des gegebenen Namens, eines Beispiels sowie der genauen Beschreibung des Datenparameters.

Tabelle 23: Übersicht der wichtigsten verwendeten Parameter in der Datenbank

Name des Parameter	Beispiel	Beschreibung
ID_reference	ref001	Identifikationsmarker für die Datenquelle
ID_car	car0001	Identifikationsmarker für einen Fahrzeugdatenpunkt
ID_device	dev0001	Identifikationsmarker für einen Gerätedatenpunkt
type_device_source	Kühlerlüftermotor	Bezeichnung eines Gerätedatenpunkts in der originalen Datenquelle
type_device_standard	EngineControlUnit	Standardbezeichnung Gerätetyp eines Gerätedatenpunkts
Dismantling_time_device_min	2.65	Ausbauzeit eines Gerätedatenpunkts in Minuten
Mass_device_g	400	Gesamtmasse eines Gerätedatenpunkts in Gramm
Category_device_standard	Actuator	Standardbezeichnung Gerätekategorie eines Gerätedatenpunkts
ID_component	par0001	Identifikationsmarker für einen Komponentendatenpunkt
Type_component_standard	Magnet	Standardbezeichnung Komponententyp eines Komponentendatenpunkts

## 6.4 Ergänzung der Datenbank in Zukunft

Die beschriebene Datenbank ermöglicht die einfache Ergänzung in Zukunft.

Hierzu wird in einem ersten Schritt im Reiter "L00 references" eine neue Quelle ergänzt. Je nach Art der Daten können als nächstes Informationen auf Fahrzeugebene im Reiter "L10 cars", auf Geräteebene "L20 device" oder auf Komponentenebene "L30 component" hinzugefügt. Es muss beachtet werden, dass die Referenzquelle stets korrekt verlinkt wird.

## 7 Referenzen

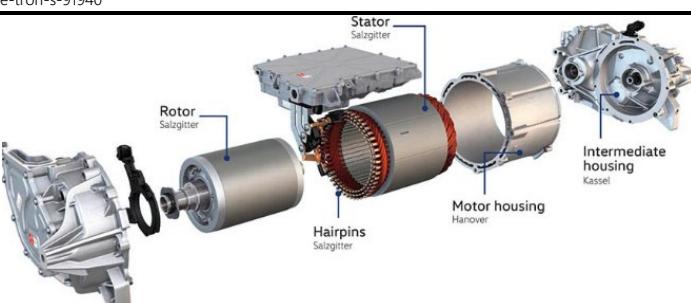
- [1] P. Wäger, R. Widmer, and A. Stamp, 'Scarce technology metals - applications, criticalities and intervention options', Federal Office of the Environment, Bern, Official report, Sep. 2011. [Online]. Available: [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/fachinfo-daten/scarce\\_technologymetals-applicationscriticalitiesandintervention.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/fachinfo-daten/scarce_technologymetals-applicationscriticalitiesandintervention.pdf.download.pdf/scarce_technologymetals-applicationscriticalitiesandintervention.pdf)
- [2] A. Haarman, R. Widmer, and R. Hischier, 'Projekt EVA: Elektronik – Verwertung - Altautos: Ökobilanz von STM-Rückgewinnungsoptionen - Schlussbericht zum Arbeitspaket C4', Empa, Schlussbericht, Jun. 2018.
- [3] B. für U. B. | O. fédéral de l'environnement O. | U. federale dell'ambiente UFAM, 'Seltene technische Metalle'. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfall--fachinformationen/abfallmengen-und-material--stofffluesse/seltene-technische-metalle.html> (accessed May 12, 2022).
- [4] U. N. E. Programme and I. R. Panel, *Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure*. 2013. Accessed: May 16, 2022. [Online]. Available: <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/8423>
- [5] C. Hagelüken and C. Meskers, 'Mining our computers - opportunities and challenges to recover scarce and valuable materials', Sep. 2008.
- [6] S. R. Mueller, P. A. Wäger, R. Widmer, and I. D. Williams, 'A geological reconnaissance of electrical and electronic waste as a source for rare earth metals', *Waste Management*, vol. 45, pp. 226–234, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.03.038.
- [7] E. Restrepo, A. N. Løvik, A. Haarman, and R. Widmer, 'Projekt EVA: Elektronik – Verwertung – Altautos: "Zusammenfassung der Aktivitäten und Resultate": Zusammenfassung EVA und Schlussbericht zum Arbeitspaket C5', Empa, St. Gallen, Jun. 2018.
- [8] A. N. Løvik, C. Marmy, E. Restrepo, and R. Widmer, 'Projekt EVA II: Dynamisches Stoffflussmodul - Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2020.
- [9] C. Marmy, M. Capelli, and H. Böni, 'Projekt EVA II: Materialverwertungsmodul - Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2023.
- [10] C. Marmy, M. Capelli, and H. Böni, 'Projekt EVA II: Wirtschaftsmodul - Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2023.
- [11] C. Marmy et al., 'Projekt EVA II: Elektronik - Verwertung - Altautos Eingebettete Elektronikgeräte in Personenfahrzeugen Arbeitspaket 3.3: Ökobilanzmodul Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, Feb. 2022.
- [12] C. Marmy, N. Bartolomé, U. Marseiler, L. Toledo, M. Capelli, and H. Böni, 'Projekt EVA II: Versuche, Datenbeschaffung und Datenbanken - Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2023.
- [13] C. Marmy, 'Projekt EVA II: Zukünftige Materialflüsse in der Fahrzeugflotte - Schlussbericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2023.
- [14] C. Marmy, M. Capelli, and H. Böni, 'Projekt EVA II: Synthesebericht', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, 2023.
- [15] A. N. Løvik, C. Marmy, E. Restrepo, and R. Widmer, 'Projekt EVA II: Elektronik – Verwertung - Altautos Dynamisches Stoffflussmodell Schlussbericht zum Arbeitspaket 3.1', Empa, St. Gallen, Projektbericht - nicht öffentlich publiziert, May 2020.
- [16] Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 'DAT Report 2021'. 2021. [Online]. Available: [www.dat.de](http://www.dat.de)

- [17] BFS, 'Strassenfahrzeuge im Jahr 2021: Neue Inverkehrsetzungen und Gesamtbestand | Bundesamt für Statistik', *Strassenfahrzeuge im Jahr 2021: Neue Inverkehrsetzungen und Gesamtbestand | Bundesamt für Statistik*, Jan. 31, 2022. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.gnpdetail.2022-0184.html> (accessed Feb. 07, 2022).
- [18] C. Marmy, 'Project EVA II: Interview with Markus Peter (AGVS)'. Empa (not published), Feb. 07, 2021.
- [19] Bundesamt für Energie (BfE), 'Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personenwagen und leichten Nutzfahrzeuge'. 2020. [Online]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/mobilitaet/personenwagen.html>
- [20] J. Mehr, 'The environmental performance of enhanced metal recovery from dry municipal solid waste incineration bottom ash', *Waste Management*, p. 12, 2021.
- [21] J. Böni, 'Bestimmung des Restmetallgehalts in der aufbereiteten Trockenschlacke der ZAV Recycling AG', p. 94.
- [22] ZAV Recycling AG, 'Thermo-Recycling: Effiziente Gewinnung von Wertstoffen aus der Trockenschlacke', 2017. [Online]. Available: [https://zar-ch.ch/fileadmin/user\\_upload/Contentdokumente/Oeffentliche\\_Dokumente/Faktenblatt\\_ZAR.pdf](https://zar-ch.ch/fileadmin/user_upload/Contentdokumente/Oeffentliche_Dokumente/Faktenblatt_ZAR.pdf)
- [23] I. Vermeulen, 'Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorisation', *Journal of Hazardous Materials*, 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.02.088.
- [24] Amund Loevik and Rolf Widmer, 'Projekt EVA: Elektronik – Verwertung – Altautos: "Vorbereitungen zu den RESH-Verbrennungsversuchen" - Schlussbericht zum Arbeitspaket C2 "Datenunsicherheit in MFA"', Empa, St. Gallen, Schweiz, Jun. 2018.
- [25] K. Modis and K. Papaodysseus, 'Theoretical Estimation of the Critical Sampling Size for Homogeneous Ore Bodies with Small Nugget Effect', *Math Geol*, vol. 38, no. 4, pp. 489–501, May 2006, doi: 10.1007/s11004-005-9020-x.

## Anhang A      Liste der identifizierten Gerätetypen

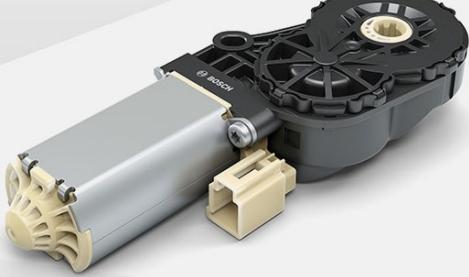
Bei einzelnen Geräten fehlen Daten, weshalb sie nicht im dynamischen Massenflussmodell und im Wirtschafts- und Ökobilanzmodul integriert sind. Dies betrifft besonders EEG welche spezifisch zu Elektrofahrzeugen sind (ID: 4, 7, 8, 19)

ID	01	<b>Gerätetyp</b> Aktuatoren aktives Fahrwerk <b>Standardbezeichnung</b> AirSuspensionCompressorMotor <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle: <a href="http://www.air-suspensionparts.com/quality-10728514-w166-car-air-suspension-kits-air-spring-compressor-pump-a166320104.html">http://www.air-suspensionparts.com/quality-10728514-w166-car-air-suspension-kits-air-spring-compressor-pump-a166320104.html</a>			
ID	02	<b>Gerätetyp</b> Aktuatoren Bremsanlage (z.B. ABS, ESC) <b>Standardbezeichnung</b> BrakeSystemActuator <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.hella.com/techworld/de/Technik/Elektrik-Elektronik/ABS-ESP-Steuergeraete-fuer-Brems-und-Fahrdynamik-56049/">https://www.hella.com/techworld/de/Technik/Elektrik-Elektronik/ABS-ESP-Steuergeraete-fuer-Brems-und-Fahrdynamik-56049/</a>			
ID	03	<b>Gerätetyp</b> Anlasser <b>Standardbezeichnung</b> StarterMotor <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.mein-autolexikon.de/elektrik/anlasser.html">https://www.mein-autolexikon.de/elektrik/anlasser.html</a>			
ID	4	<b>Gerätetyp</b> Batterie Management System <b>Standardbezeichnung</b> BatteryManagementSystem <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.yovcart.com/Product/596055232405/">https://www.yovcart.com/Product/596055232405/</a>			

<b>ID</b>	05	
<b>Gerätetyp</b>		
Drosselklappensteller		
<b>Standardbezeichnung</b>		
ThrottleActuator		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.mein-autolexikon.de/elektronik/drosselklappe.html">https://www.mein-autolexikon.de/elektronik/drosselklappe.html</a>		
<b>ID</b>	06	
<b>Gerätetyp</b>		
DCDC Wandler		
<b>Standardbezeichnung</b>		
DCDCConverter		
<b>Gerätekategorie</b>		
Steuergerät		
Quelle: <a href="https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/leistungselektronik/hochspannungs-dc-dc-wandler-generation-3evo/">https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/leistungselektronik/hochspannungs-dc-dc-wandler-generation-3evo/</a>		
<b>ID</b>	07	
<b>Gerätetyp</b>		
Elektrischer Antriebsmotor Induktion		
<b>Standardbezeichnung</b>		
BEVDriveMotorInduction		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.audi-mediacenter.com/en/photos/detail/audi-e-tron-s-91940">https://www.audi-mediacenter.com/en/photos/detail/audi-e-tron-s-91940</a>		
<b>ID</b>	08	
<b>Gerätetyp</b>		
Elektrischer Antriebsmotor Permanentmagnet		
<b>Standardbezeichnung</b>		
BEVDriveMotorPM		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.wheelsjoint.com/a-lot-of-power-in-a-small-space-electric-motors-are-transforming-the-automotive-industry/">https://www.wheelsjoint.com/a-lot-of-power-in-a-small-space-electric-motors-are-transforming-the-automotive-industry/</a>		
<b>ID</b>	09	
<b>Gerätetyp</b>		
Fensterheber		
<b>Standardbezeichnung</b>		
ElectricWindowsMotor		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.eeuroparts.com/Parts/461538/Power-Window-Motor-and-Regulator-Assembly-Front-Driver-Left-WL41364/">https://www.eeuroparts.com/Parts/461538/Power-Window-Motor-and-Regulator-Assembly-Front-Driver-Left-WL41364/</a>		

ID	10	<b>Gerätetyp</b> Generator/Alternator <b>Standardbezeichnung</b> Alternator <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.beupp.com/generator/what-is-the-difference-between-an-alternator-and-a-generator/">https://www.beupp.com/generator/what-is-the-difference-between-an-alternator-and-a-generator/</a>			
ID	11	<b>Gerätetyp</b> Inverter <b>Standardbezeichnung</b> Inverter <b>Gerätekategorie</b> Inverter	
Quelle: <a href="https://www.wogas.ch/spannungswandler-wechselrichter-auto-power-inverter-konverter-300w.html">https://www.wogas.ch/spannungswandler-wechselrichter-auto-power-inverter-konverter-300w.html</a>			
ID	12	<b>Gerätetyp</b> Kombiinstrument/Info-Anzeige <b>Standardbezeichnung</b> CombinedInstrumentDisplay <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.autoteile-markt.de/shop/instrumente-tachometer">https://www.autoteile-markt.de/shop/instrumente-tachometer</a>			
ID	13	<b>Gerätetyp</b> Kabelbaum <b>Standardbezeichnung</b> WiringHarness <b>Gerätekategorie</b> Kabelartiges Gerät	
Quelle: <a href="https://www.kurth-classics-autoparts.de/de/kabelbaume/746-motorkabelbaum-a1295406005.html">https://www.kurth-classics-autoparts.de/de/kabelbaume/746-motorkabelbaum-a1295406005.html</a>			
ID	14	<b>Gerätetyp</b> Kraftstoffpumpe <b>Standardbezeichnung</b> FuelPump <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.mein-autolexikon.de/motor/kraftstoffpumpe.html">https://www.mein-autolexikon.de/motor/kraftstoffpumpe.html</a>			

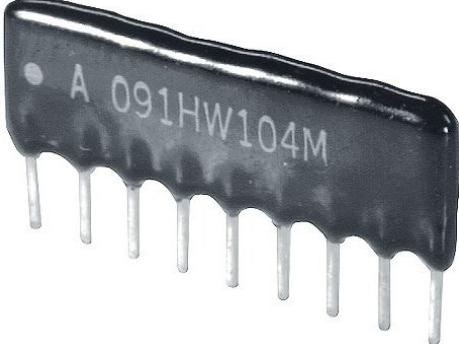
ID	15	<b>Gerätetyp</b> Kühlerlüftermotor <b>Standardbezeichnung</b> HeaterAndACFanMotor <b>Gerätekategorie</b> Aktuator
Quelle: <a href="https://www.autodoc.de/tyc/7489545">https://www.autodoc.de/tyc/7489545</a>		
ID	16	<b>Gerätetyp</b> Lautsprecher <b>Standardbezeichnung</b> Speaker <b>Gerätekategorie</b> Aktuator
Quelle: <a href="https://www.multiplanet.ch/lautsprecher-bass/fahrzeugspezifische-systeme-lautsprecher/mercedes1586/#page=1&amp;&amp;specialsOnly=0">https://www.multiplanet.ch/lautsprecher-bass/fahrzeugspezifische-systeme-lautsprecher/mercedes1586/#page=1&amp;&amp;specialsOnly=0</a>		
ID	17	<b>Gerätetyp</b> On-board Ladegerät (Elektrofahrzeug) <b>Standardbezeichnung</b> BatteryCharger <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät
Quelle: <a href="https://wheele.de/produkt/on-board-charger/">https://wheele.de/produkt/on-board-charger/</a>		
ID	18	<b>Gerätetyp</b> Externes Ladekabel (Elektrofahrzeug) <b>Standardbezeichnung</b> ChargeCord <b>Gerätekategorie</b> Kabel
Quelle: <a href="https://www.khonsevse.com/product/ev-1-phase-charger/">https://www.khonsevse.com/product/ev-1-phase-charger/</a>		
ID	19	<b>Gerätetyp</b> Scheibenwischermotor <b>Standardbezeichnung</b> WiperMotor <b>Gerätekategorie</b> Aktuator
Quelle: <a href="https://www.b-parts.com/en/store/products/2343901/rear-wiper-motor-audi-a6-allroad-c6-4fh-32-fsi-quattro-4f9955711b-e1-b6-8-1-2006-2007-2008-2009-2010-2011/">https://www.b-parts.com/en/store/products/2343901/rear-wiper-motor-audi-a6-allroad-c6-4fh-32-fsi-quattro-4f9955711b-e1-b6-8-1-2006-2007-2008-2009-2010-2011/</a>		

ID	20	<b>Gerätetyp</b> Scheinwerfer (vorne und hinten) <b>Standardbezeichnung</b> Light <b>Gerätekategorie</b> Scheinwerfer	
Links:	Quelle: <a href="https://www.pkwteile.de/ersatzteil/ruckleuchte">https://www.pkwteile.de/ersatzteil/ruckleuchte</a>	Rechts:	Quelle: <a href="https://www.hella.com/partnerworld/de/Produktprogramm/Fahrzeug-Beleuchtung/Hauptscheinwerfer-3214/">https://www.hella.com/partnerworld/de/Produktprogramm/Fahrzeug-Beleuchtung/Hauptscheinwerfer-3214/</a>
ID	21	<b>Gerätetyp</b> Sicherungsbox/Verteiler <b>Standardbezeichnung</b> FuseBox <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle:	<a href="https://www.tuningblog.eu/kategorien/tuning-wiki/sicherungskasten-255816/">https://www.tuningblog.eu/kategorien/tuning-wiki/sicherungskasten-255816/</a>		
ID	22	<b>Gerätetyp</b> Sitzverstellungsmotor <b>Standardbezeichnung</b> SeatMotor <b>Gerätekategorie</b> Aktuator	
Quelle:	<a href="https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/aktuatoren/sitzverstellantrieb/">https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/aktuatoren/sitzverstellantrieb/</a>		
ID	23	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Antriebsmotor <b>Standardbezeichnung</b> EngineControlUnit <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle:	<a href="https://www.b-parts.com/en/store/products/4383599/engine-control-unit-ecu-vw-golf-v-1k1-19-tdi-0281013226-03g906021kh-e2-a1-25-1-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010/">https://www.b-parts.com/en/store/products/4383599/engine-control-unit-ecu-vw-golf-v-1k1-19-tdi-0281013226-03g906021kh-e2-a1-25-1-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010/</a>		
ID	24	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Bordnetz/Karosserie <b>Standardbezeichnung</b> BodyControlModule <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle:	<a href="https://www.glistensky.shop/index.php?main_page=product_info&amp;products_id=207473">https://www.glistensky.shop/index.php?main_page=product_info&amp;products_id=207473</a>		

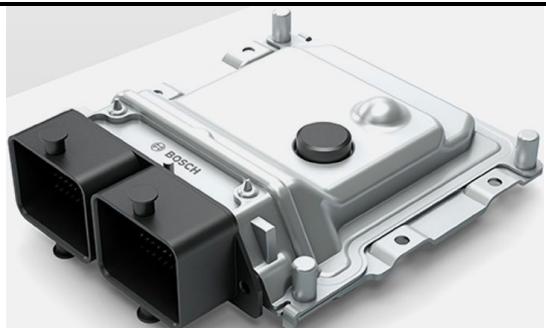
<b>ID</b>	25	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Bremse und Fahrwerk (z.B. ABS, ESC) <b>Standardbezeichnung</b> BrakeSystemControlUnit SelfLevelingSuspensionController <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.hella.com/techworld/de/Technik/Elektrik-Elektronik/ABS-ESP-Steuergeraete-fuer-Brems-und-Fahrdynamik-56049/">https://www.hella.com/techworld/de/Technik/Elektrik-Elektronik/ABS-ESP-Steuergeraete-fuer-Brems-und-Fahrdynamik-56049/</a>			
<b>ID</b>	26	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Fahrassistenz <b>Standardbezeichnung</b> AdaptiveCruiseControlController ElectronicPowerSteeringController ParkAssistantController <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.programainc.com/item_list.aspx?idcategory=38">https://www.programainc.com/item_list.aspx?idcategory=38</a>			
<b>ID</b>	27	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Fahrassistenzsensoren <b>Standardbezeichnung</b> ParkingCameraController SignRecognitionCameraController ParkingRadarController <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.hella.com/hella-com/assets/media_global/2018.08.10_HELLA_Geschaeftsbericht_2018_360_Autonom_DE_geschuetzt.pdf">https://www.hella.com/hella-com/assets/media_global/2018.08.10_HELLA_Geschaeftsbericht_2018_360_Autonom_DE_geschuetzt.pdf</a>			
<b>ID</b>	28	<b>Gerätetyp</b> Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia) <b>Standardbezeichnung</b> InfotainmentNavigationSystem NavigationSystem SoundSystem <b>Gerätekategorie</b> Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.bus-ok.de/VW_Display_and_Control_Panel_Genuine_Volkswagen_Part_OE-Nr_6C0-035-8_399,90_E_(bus-ok.de)">VW Display and Control Panel Genuine Volkswagen Part OE-Nr. 6C0-035-8, 399,90 € (bus-ok.de)</a>			

<b>ID</b>	29	
<b>Gerätetyp</b>	Steuergerät Insassenschutz (z.B. AirbagSteuerung)	
<b>Standardbezeichnung</b>	AirbagController	
<b>Gerätekategorie</b>	Steuergerät	
Quelle: <a href="https://www.endera.de/airbagsteuergeraet-reparatur-vw-golf-iv.html">https://www.endera.de/airbagsteuergeraet-reparatur-vw-golf-iv.html</a>		
<b>ID</b>	30	
<b>Gerätetyp</b>	Steuergerät Klimaautomatik	
<b>Standardbezeichnung</b>	HabitacleClimateController	
<b>Gerätekategorie</b>	Steuergerät	
Quelle: <a href="https://autodogs.de/produkt/bmw-e90-e91-klimabedienteil-bedienteil-klimaautomatik-6199260-klima-schalter/">https://autodogs.de/produkt/bmw-e90-e91-klimabedienteil-bedienteil-klimaautomatik-6199260-klima-schalter/</a>		
<b>ID</b>	31	
<b>Gerätetyp</b>	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe	
<b>Standardbezeichnung</b>	TransmissionControlUnit	
<b>Gerätekategorie</b>	Steuergerät	
Quelle: <a href="https://classicparts.de/Schieberkasten-fuer-4-Gang-Automatikgetriebe-Getriebekennbuchstabe-APCCBYCFBAPECBZCFCAPBCFA-Corrado">https://classicparts.de/Schieberkasten-fuer-4-Gang-Automatikgetriebe-Getriebekennbuchstabe-APCCBYCFBAPECBZCFCAPBCFA-Corrado</a>		
<b>ID</b>	32	
<b>Gerätetyp</b>	Waschwasserpumpe	
<b>Standardbezeichnung</b>	WindshieldWasherPump	
<b>Gerätekategorie</b>	Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.biltema.dk/en-dk/car--mc/car-spares/washer-equipment/washer-pumps/washer-pump-2000038246">https://www.biltema.dk/en-dk/car--mc/car-spares/washer-equipment/washer-pumps/washer-pump-2000038246</a>		

<b>ID</b>	33	 A black plastic housing with internal mechanical and electrical components, including a metal actuator arm and wiring.
<b>Gerätetyp</b>		
Zentralverriegelung		
<b>Standardbezeichnung</b>		
DoorLockActuator		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.autodoc.de/autoteile/schlosser-aussen-10787">https://www.autodoc.de/autoteile/schlosser-aussen-10787</a>		
<b>ID</b>	34	 A black rectangular car amplifier with multiple input and output ports on the front panel.
<b>Gerätetyp</b>		
Verstärker		
<b>Standardbezeichnung</b>		
AudioAmplifier		
<b>Gerätekategorie</b>		
Steuergerät		
Quelle: <a href="https://www.techinn.com/en/sony-xmn1004-car-amplifier/137910321/p">https://www.techinn.com/en/sony-xmn1004-car-amplifier/137910321/p</a>		
<b>ID</b>	35	 A black cylindrical air pump with a ribbed housing and a small display or sensor on top.
<b>Gerätetyp</b>		
Lufteininspritzpumpe		
<b>Standardbezeichnung</b>		
EngineAirInjectionPump		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.fcpeuro.com/products/bmw-air-pump-e46-pierburg-11727553056">https://www.fcpeuro.com/products/bmw-air-pump-e46-pierburg-11727553056</a>		
<b>ID</b>	36	 A black plastic door panel for an electric vehicle, featuring a 'e-tron' logo and a small display screen.
<b>Gerätetyp</b>		
Ladeklappe (Elektrofahrzeug)		
<b>Standardbezeichnung</b>		
PlugInsertPanel		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://akro-plastic.com/de/aktuelles/praxisbeispiele/ladeklappe-e-auto/">https://akro-plastic.com/de/aktuelles/praxisbeispiele/ladeklappe-e-auto/</a>		
<b>ID</b>	37	 A cylindrical metal motor with a gold-colored gear assembly attached to the shaft.
<b>Gerätetyp</b>		
Tür-, Heckklappen- oder Schiebedachmotor		
<b>Standardbezeichnung</b>		
DoorHatchMotor		
<b>Gerätekategorie</b>		
Aktuator		
Quelle: <a href="https://www.amazon.de/T%C3%BCrschloss-Motorschloss-motorsperre-Lenschloss-Radmotor/dp/B084P484W4">https://www.amazon.de/T%C3%BCrschloss-Motorschloss-motorsperre-Lenschloss-Radmotor/dp/B084P484W4</a>		

<b>ID</b>	38	
<b>Gerätetyp</b>	Servolenkungsaktuator	
<b>Standardbezeichnung</b>	PowerSteeringActuator	
<b>Gerätekategorie</b>	Aktuator	
Quelle: <a href="https://www.caranddriver.com/features/a27888229/power-steering/">https://www.caranddriver.com/features/a27888229/power-steering/</a>		
<b>ID</b>	39	
<b>Gerätetyp</b>	Spiegelverstellungsmotor	
<b>Standardbezeichnung</b>	MirrorMotor	
<b>Gerätekategorie</b>	Aktuator	
Quelle: <a href="https://w220.wiki/File:W220_exterior_mirror_motor_A2038202242_opened_inside.jpg">https://w220.wiki/File:W220_exterior_mirror_motor_A2038202242_opened_inside.jpg</a>		
<b>ID</b>	40	
<b>Gerätetyp</b>	Steuergerät Start Stop	
<b>Standardbezeichnung</b>	StartStopController	
<b>Gerätekategorie</b>	Controller	
Quelle: <a href="https://www.franceauto.pl/de_DE/p/Start-Stop-Steuergerat-Citroen-Berlingo-III-C3-II-C3-Picasso-C4-II-C4-Cactus-C4-Picasso-II-DS3-DS4-DS5-Peugeot-2008-208-308-308-II-5008-508-Partner-III-9805721280/58524">https://www.franceauto.pl/de_DE/p/Start-Stop-Steuergerat-Citroen-Berlingo-III-C3-II-C3-Picasso-C4-II-C4-Cactus-C4-Picasso-II-DS3-DS4-DS5-Peugeot-2008-208-308-308-II-5008-508-Partner-III-9805721280/58524</a>		
<b>ID</b>	41	
<b>Gerätetyp</b>	Kondensator-Array für EV	
<b>Standardbezeichnung</b>	CapacitorsEV	
<b>Gerätekategorie</b>	Controller	
Quelle: <a href="https://www.distrelec.ch/en/ceramic-capacitor-array-100nf-50v-20-hosonic-8c7-104m50x/p/16572366">https://www.distrelec.ch/en/ceramic-capacitor-array-100nf-50v-20-hosonic-8c7-104m50x/p/16572366</a>		
<b>ID</b>	42	
<b>Gerätetyp</b>	Verteilergetriebe	
<b>Standardbezeichnung</b>	TransferShiftActuator	
<b>Gerätekategorie</b>	Aktuator	
Quelle: <a href="https://bs-getriebetechnik.de/BMW-X3-Verteilergetriebe-generalueberholt-27103455137-27103455135-Bj-2003-2011">https://bs-getriebetechnik.de/BMW-X3-Verteilergetriebe-generalueberholt-27103455137-27103455135-Bj-2003-2011</a>		

<b>ID</b>	43
<b>Gerätetyp</b>	
Vehicle Control Unit	
<b>Standardbezeichnung</b>	
VehicleControlUnit	
<b>Gerätekategorie</b>	
Controller	



Quelle: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/fahrzeugcomputer/vehicle-control-unit/>

**Anhang B      Ergebnisse Umfragem Verbleib von Ersatzgeräten****7.1.1 Alle Fragen der Umfrage**

1.1.	Name Ihrer Firma/Garage?
1.2.	Art Ihrer Firma/Garage?
1.3.	Was sind Ihre Hauptaktivitäten? (Mehrere Antworten möglich)
1.4.	In welchen Regionen der Schweiz sind Sie aktiv? (Mehrere Antworten möglich)
1.5.	Wie viele eingebettete Elektronikgeräte (EEG) in Personenwagen werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?
1.6	Wie viele davon sind Garantiefälle?
2.1.1.	Häufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)
2.1.2.	Wie viele EEG aus der vorherigen Frage werden in Ihrer pro Jahr ersetzt?
2.1.3.	Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Hersteller; Altola & co; Anderes]
2.1.4	Falls zutreffend: Welche andere Destination?
2.1.5.	Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte, Austauschgeräte, Gebrauchte Geräte]
3.1.1.	Zweithäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)
3.1.2.	Wie viele EEG aus der vorherigen Frage werden in Ihrer pro Jahr ersetzt?
3.1.3.	Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Hersteller; Altola & co; Anderes]
3.1.4	Falls zutreffend: Welche andere Destination?
3.1.5.	Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte, Austauschgeräte, Gebrauchte Geräte]
4.1.1.	Dritthäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)
4.1.2.	Wie viele EEG aus der vorherigen Frage werden in Ihrer pro Jahr ersetzt?
4.1.3.	Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Hersteller; Altola & co; Anderes]
4.1.4	Falls zutreffend: Welche andere Destination?
4.1.5.	Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte, Austauschgeräte, Gebrauchte Geräte]
5.1.1.	Vierthäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)
5.1.2.	Wie viele EEG aus der vorherigen Frage werden in Ihrer pro Jahr ersetzt?
5.1.3.	Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Hersteller; Altola & co; Anderes]
5.1.4	Falls zutreffend: Welche andere Destination?
5.1.5.	Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte, Austauschgeräte, Gebrauchte Geräte]
6.1.1.	Fünfthäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)
6.1.2.	Wie viele EEG aus der vorherigen Frage werden in Ihrer pro Jahr ersetzt?
6.1.3.	Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Hersteller; Altola & co; Anderes]
6.1.4	Falls zutreffend: Welche andere Destination?
6.1.5.	Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte, Austauschgeräte, Gebrauchte Geräte]
7.1.	Gibt es ein Gerät, welches oft in Ihrer Firma ersetzt wird, aber in der Auswahl gefehlt hat? Falls ja, bitten wir Sie dieses hier zu vermerken und jährliche Menge anzugeben.
7.2.	Weitere Bemerkungen

### **7.1.2 Ergebnisse der Umfrage**

Auf den folgenden Seiten befinden sich die unbearbeiteten Rohdaten aus den Antworten der Umfrage.

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	1.2. Art Ihrer Firma/Garage	1.3 Was sind ihre Hauptaktivitäten? (Mehrere Antworten möglich)	1.4 In welchen Regionen der Schweiz sind Sie aktiv? (Mehrere Antworten möglich)	1.5 Wie viele eingebettete Elektronikgeräte (EEG) in Personenwagen werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	1.6 Wie viele davon sind Garantiefälle?
N.A..	Autoelektrik	Wartung/Reparaturen	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	100 0-10%	
Carrosserie Daddy SA	carrosserie	Maintenance ou réparation;Carosserie	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	10 20-30%	
Auto Rohrer AG	Freie Garage	Wartung/Reparaturen	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	20 0-10%	
garage Didier Francey sà rl	Freie Garage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	30 10-20%	
Garage Werner Meier	Freie Garage	Wartung/Reparaturen	Zürich (ZH)	10 0-10%	
garage-carrosserie du vallon	Freie Garage	Maintenance ou réparation;Carosserie;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Région Lémanique (VD, VS, GE)	20 0-10%	
N.A..	Freie Garage	Maintenance ou réparation	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	10 0-10%	
N.A..	Freie Garage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Ganze Schweiz	30 40-50%	
N.A..	Freie Garage	Maintenance ou réparation	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	N.A.. N.A..	
N.A..	Freie Garage	Maintenance ou réparation	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	N.A.. 0-10%	
rupp	Freie Garage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Occasion	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	10 10-20%	
ZiZ Reparaturwerkstatt GmbH	Freie Garage	Wartung/Reparaturen	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)	20 0-10%	
Autocenter Berger AG	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Zürich (ZH)	50 0-10%	
Autoelektro Steiner	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	20 0-10%	
Duss & Müller GmbH	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Occasion	Nordwestschweiz (BS, BL, AG);Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	20 0-10%	
Garage Flury AG	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	10 0-10%	
Garage Frédéric Vaucher SA	Konzeptgarage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU);Région Lémanique (VD, VS, GE)	200 0-10%	
Garage Gmür	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	50 0-10%	
Garage Gmür	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	50 0-10%	
Garage Stocker Muttenz GmbH	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	50 10-20%	
M+V Weibel GmbH	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	100 0-10%	
N.A..	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	3 80-90%	
N.A..	Konzeptgarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	10 70-80%	
N.A..	Konzeptgarage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Région Lémanique (VD, VS, GE)	10 0-10%	
AMAG Audi Center ZÄrich Altstetten	Markengarage	Alle gennanten Aktivitäten	Zürich (ZH)	400 70-80%	
AMAG Emmen	Markengarage	Alle gennanten Aktivitäten	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	100 80-90%	
AMAG Rhienfelden	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	50 60-70%	
Auto Bolli AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Occasion	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG);Zürich (ZH)	250 80-90%	
Bohny Automobile AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	500 70-80%	
Dorfgarage Tommer	Markengarage	Wartung/Reparaturen	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	30 40-50%	
E. Schäpfer AG	Markengarage	Alle gennanten Aktivitäten	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	30 50-60%	
Emil Frey AG Schlieren	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Zürich (ZH)	N.A.. N.A..	
Garage Balmer AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	500 20-30%	
Garage Bircher AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	20 10-20%	
Garage Cäsar GmbH	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Zürich (ZH);Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	20 0-10%	
garage de la Molia're SA	Markengarage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	3 80-90%	
Garage du Vernay	Markengarage	Maintenance ou réparation;Carosserie;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Région Lémanique (VD, VS, GE)	5 90-100%	
Garage Helbling AG	Markengarage	Alle gennanten Aktivitäten	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG);Zürich (ZH);Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	10 60-70%	
Garage Karpf + Co, Faido	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Ganze Schweiz;Tessin (TI)	60 70-80%	
Garage Martin Müller AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)	100 50-60%	
Garage Nidfeld AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	100 60-70%	
Garage Ozelle AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	80 60-70%	
Garage Rickli	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	150 80-90%	
Garage Sommerhalder AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Zürich (ZH)	20 50-60%	
Garage Tanner AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)	400 80-90%	
Garage Zweifel AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)	N.A.. N.A..	
Ghysnau-Garage AG	Markengarage	Alle gennanten Aktivitäten	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	200 50-60%	
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	Markengarage	Wartung/Reparaturen	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	50 10-20%	
N.A..	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	35 80-90%	
N.A..	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	30 50-60%	
N.A..	Markengarage	Wartung/Reparaturen	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)	50 70-80%	
N.A..	Markengarage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Région Lémanique (VD, VS, GE)	N.A.. 60-70%	
Scania Schweiz AG 8645 Jona	Markengarage	Wartung/Reparaturen	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)	225 0-10%	
SKY Automobiles	Markengarage	Maintenance ou réparation;Vente de voitures neuves;Vente de voiture d'occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	25 50-60%	
Stierli Automobile AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Nordwestschweiz (BS, BL, AG);Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	350 40-50%	
Vogelsang AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Ganze Schweiz	1000 70-80%	
Volvo Car Bern AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	100 70-80%	
W. Schärer Schlossgarage AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Karrosseriearbeiten;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion;Alle gennanten Aktivitäten	Nordwestschweiz (BS, BL, AG);Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	120 70-80%	
Widi Garage AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Ganze Schweiz;Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)	200 0-10%	
Wildbachgarage AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Zürich (ZH)	200 10-20%	
Zugerland Verkehrsbetriebe AG	Markengarage	Wartung/Reparaturen;Verkauf Neuwagen;Verkauf Occasion	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	40 20-30%	
Autohilfe Zentralschweiz Ag	Pannen und Unfalldienst	Wartung/Reparaturen	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)	4 0-10%	

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	2.1. Häufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)	2.1.2 Wie viele EEG aus der vorherigen Frage (2.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	2.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten d EEG]	2.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	2.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil alte EEG die wo anders hingeschickt werden]	2.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	2.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte]	2.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [AustauschGeräte]	2.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [GebrauchtGeräte]
			50 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..
N.A..	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	50 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..
Carrosserie Daddy SA	Phare et éclairage	100 0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	0-10%
Auto Rohrer AG	Anlasser	10 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	40-50%	40-50%	N.A..
garage Didier Francey sà rl	Pompe à carburant	10 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Werner Meier	Fensterheber	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
garage-carrosserie du vallon	Batterie NiMH	50 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
N.A..	Actionneur là`ve-vitre	5 0-10%	60-70%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	0-10%	0-10%
N.A..	Generator/Alternator	200 40-50%	40-50%	10-20%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..
N.A..	Démarrleur	30 80-90%	N.A..	N.A..	Feraille	10-20%	80-90%	N.A..	N.A..
N.A..	Moteur principal électrique à aimants permanents	N.A..	0-10%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	20-30%	80-90%
rupp	Generator/Alternator	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	70-80%	N.A..
ZiZ Reparaturwerkstatt GmbH	Scheinwerfer und Beleuchtung	10 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	60-70%	0-10%	10-20%
Autocenter Berger AG	Steuergerät Bremse und Fahrwerk	20 50-60%	10-20%	10-20%	Reparatur Center	0-10%	60-70%	10-20%	
Autoelektro Steiner	Anlasser	20 70-80%	0-10%	10-20%	N.A..	0-10%	80-90%	0-10%	
Duss & Müller GmbH	Fensterheber	15 10-20%	60-70%	10-20%	Ä-kihof	30-40%	70-80%	0-10%	
Garage Flury AG	Drosselklappensteller	3 0-10%	0-10%	90-100%	Alteisen	70-80%	10-20%	N.A..	
Garage Frédéric Vaucher SA	Phare et éclairage	80 0-10%	90-100%	0-10%	déchetterie	70-80%	30-40%	0-10%	
Garage Gmür	Drosselklappensteller	10 0-10%	N.A..	90-100%	Altmatal	70-80%	0-10%	0-10%	
Garage Gmür	Drosselklappensteller	10 0-10%		90-100%	Altmatal	70-80%	0-10%	0-10%	
Garage Stocker Muttenz GmbH	Fensterheber	20 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
M+V Weibel GmbH	Generator/Alternator	25 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	10-20%	80-90%	N.A..
N.A..	Fensterheber	1 N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
N.A..	Generator/Alternator	6 70-80%	N.A..	N.A..	Garantie Hersteller	10-20%	70-80%	N.A..	
N.A..	Démarrleur	5 70-80%	0-10%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	30-40%	0-10%
AMAG Audi Center Zürich Altstetten	NiMH Batterie	N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..
AMAG Emmen	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	30 50-60%	30-40%	N.A..	N.A..	N.A..	70-80%	10-20%	N.A..
AMAG Rhienfelden	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	50 30-40%	40-50%	0-10%	Reparatur	40-50%	40-50%	0-10%	
Auto Bolli AG	Drosselklappensteller	20 60-70%	20-30%	N.A..	N.A..	N.A..	60-70%	20-30%	0-10%
Bohny Automobile AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	150 10-20%	60-70%	0-10%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
Dorfgarage Tommer	Drosselklappensteller	6 10-20%	60-70%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
E. Schäpfer AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	10 20-30%	50-60%	N.A..	N.A..	N.A..	30-40%	20-30%	
Emil Frey AG Schlieren	N.A..	N.A..	0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Balmer AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	50 0-10%	70-80%	0-10%	N.A..	N.A..	60-70%	10-20%	0-10%
Garage Bircher AG	N.A..	N.A..	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Cäsar GmbH	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	5 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	Nirgends	90%-100%	N.A..	N.A..
garage de la Mollière SA	Démarrleur	3 60-70%	50-60%	50-60%	exportation	80-90%	10-20%	40-50%	
Garage du Vernay	Actionneurs pour système de freinage (ABS, ESC, etc.)	5 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%
Garage Helbling AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	5 20-30%	60-70%	0-10%	N.A..	N.A..	10-20%	60-70%	N.A..
Garage Karpf + Co, Faido	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	20 10-20%	0-10%	80-90%	Schrott / Abfall	60-70%	30-40%	0-10%	
Garage Martin Müller AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	15 90-100%	0-10%	0-10%	Göteborg Schweden	0-10%	90%-100%	0-10%	
Garage Nidfeld AG	NiMH Batterie	30 10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Ozelle AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	20 10-20%	60-70%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	0-10%	0-10%
Garage Rickli	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	15 70-80%	10-20%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	0-10%	N.A..
Garage Sommerhalder AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	4 60-70%	20-30%	0-10%	Entsorgung Metall	80-90%	N.A..	10-20%	
Garage Tanner AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	30 10-20%	60-70%	10-20%	N.A..	70-80%	70-80%	N.A..	
Garage Zweifel AG	Generator/Alternator	15 80-90%	0-10%	N.A..	N.A..	N.A..	0-10%	70-80%	0-10%
Ghysnau-Garage AG	Zentralverriegelung	25 10-20%	10-20%	50-60%	Elektroschrott Entsorgungshof	70-80%	0-10%	0-10%	
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	Anlasser	20 50-60%	20-30%	0-10%	N.A..	40-50%	50-60%	0-10%	
N.A..	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	20 70-80%	10-20%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
N.A..	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	20 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	90%-100%	N.A..
N.A..	Generator/Alternator	15 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	10-20%	80-90%	N.A..	
N.A..	N.A..	N.A..	30-40%	N.A..	70-80%	Ordures	90%-100%	N.A..	N.A..
Scania Schweiz AG 8645 Jona	Steuergerät Antriebsmotor	25 0-10%	50-60%	20-30%	zurück ins Herstellerwerk zwecks Austausch	60-70%	30-40%	0-10%	
SKY Automobiles	Pompe à carburant	20 20-30%	50-60%	30-40%	Feraille	70-80%	10-20%	0-10%	
Stierli Automobile AG	Li-Ion Batterie	180 10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	60-70%	20-30%	N.A..
Vogelsang AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	500 20-30%	60-70%	0-10%	N.A..	60-70%	30-40%	N.A..	
Volvo Car Bern AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	20 50-60%	30-40%	0-10%	N.A..	60-70%	30-40%		
W. Schärer Schlossgarage AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	30 10-20%	80-90%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%		
Widi Garage AG	Li-Ion Batterie	100 0-10%	90-100%	0-10%	N.A..	40-50%	40-50%	0-10%	
Wildbachgarage AG	Generator/Alternator	75 90-100%	N.A..	0-10%	Alteisen	90%-100%	N.A..	N.A..	
Zugerland Verkehrsbetriebe AG	Generator/Alternator	30 80-90%	0-10%	0-10%	N.A..	40-50%	40-50%	N.A..	
Autohilfe Zentralschweiz AG	Generator/Alternator	2 70-80%	10-20%	0-10%	N.A..	0-10%	70-80%	0-10%	

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	3.1.1 Zweithäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)	3.1.2 Wie viele EEG aus der vorherigen Frage (3.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	3.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten EEG]	3.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	3.1.3. Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der EEG die wo anders hingeschickt werden]	3.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	3.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %) [Neue Geräte]	3.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [AustauschGeräte] [GebrauchtGeräte]
			gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der EEG die wo anders hingeschickt werden]	3.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	3.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %) [Neue Geräte]	3.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [AustauschGeräte] [GebrauchtGeräte]	
N.A.	Zentralverriegelung	20	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Carrosserie Daddy SA	Actionneur lè`ve-vitre	35	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	30-40%	50-60% N.A..
Auto Rohrer AG	Elektrischer Antriebsmotor (Induktion)	5	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
garage Didier Francey sà rl	Phare et éclairage	10	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Werner Meier	Generator/Alternator	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..	N.A..	20-30%	70-80% N.A..
garage-carrosserie du vallon	Groupe électrogène/Alternateur	10	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100% N.A.. N.A..
N.A..	Contrôleur des freins et du châssis (ABS, ESC, ...)	5	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	0-10%	80-90% N.A..
N.A..	Anlasser	N.A..	40-50%	0-10%	40-50%	N.A..	40-50%	40-50% N.A..
N.A..	Groupe électrogène/Alternateur	30	80-90%	N.A..	N.A..	Ferraille	N.A..	80-90% N.A..
N.A..	Corps papillon	N.A..	10-20%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	30-40% 0-10%
rupp	Scheibenwischermotor	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	80-90% N.A..
ZIZ Reparaturwerkstatt GmbH	Anlasser	10	20-30%	70-80%	N.A..	N.A..	50-60%	20-30% 0-10%
Autocenter Berger AG	Generator/Alternator	15	70-80%	0-10%	0-10%	Reparatur Center	30-40%	50-60% 20-30%
Autoelektro Steiner	Generator/Alternator	15	80-90%	0-10%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100% 0-10%
Duss & Müller GmbH	Anlasser	10	90-100%	0-10%	N.A..	N.A..	0-10%	90%-100% 0-10%
Garage Flury AG	Generator/Alternator	2	40-50%	40-50%	N.A..	N.A..	60-70%	40-50% N.A..
Garage Frédéric Vaucher SA	Contrôleur des freins et du châssis (ABS, ESC, ...)	40	10-20%	70-80%	0-10%	Déchetterie	80-90%	0-10% 0-10%
Garage Gmür	Elektrischer Antriebsmotor (Permanentmagnet)	10	0-10%	N.A..	90-100%	Altmetall	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Gmür	Elektrischer Antriebsmotor (Permanentmagnet)	10	0-10%	N.A..	90-100%	Altmetall	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Stocker Muttenz GmbH	Generator/Alternator	10	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	70-80%	10-20% 0-10%
M+V Weibel GmbH	Anlasser	25	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	10-20%	80-90% N.A..
N.A..	Scheinwerfer und Beleuchtung	N.A..	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A.. N.A..
N.A..	Elektrischer Antriebsmotor (Induktion)	6	30-40%	30-40%	10-20%	Garantie Hersteller	30-40%	40-50% N.A..
N.A..	Actionneur lè`ve-vitre	4	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	0-10% 0-10%
AMAG Audi Center Zürich Altstetten	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe	20	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
AMAG Emmen	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbagsteuerung)	20	60-70%	20-30%	N.A..	N.A..	90%-100%	10-20% N.A..
AMAG Rhienfelden	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe	30	30-40%	30-40%	10-20%	N.A..	70-80%	10-20% N.A..
Auto Bölli AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	100	40-50%	20-30%	10-20%	N.A..	80-90%	N.A.. 0-10%
Bohny Automobile AG	Generator/Alternator	50	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	10-20%	80-90% N.A..
Dorfgarage Tommer	Scheinwerfer und Beleuchtung	4	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
E. Schäpfer AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	3	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	40-50%	0-10% 40-50%
Emil Frey AG Schlieren	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A.. N.A..
Garage Balmer AG	Drosselklappensteller	30	0-10%	90-100%	0-10%	N.A..	80-90%	0-10% 0-10%
Garage Bircher AG	N.A..	N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Cäsar GmbH	Generator/Alternator	10	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	70-80%	20-30% N.A..
garage de la Molére SA	Contrôleur des freins et du châssis (ABS, ESC, ...)	5	0-10%	0-10%	0-10%	déchetterie	80-90%	0-10% 30-40%
Garage du Vernay	Batterie Li-Ion	3	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Helbling AG	Fensterheber	3	10-20%	70-80%	0-10%	N.A..	50-60%	50-60% N.A..
Garage Karpf + Co, Faido	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	20	60-70%	0-10%	30-40%	Schrott / Abfall	60-70%	30-40% 0-10%
Garage Martin Müller AG	Generator/Alternator	10	90-100%	0-10%	0-10%	Göteborg Schweden	0-10%	90%-100% 0-10%
Garage Nidfeld AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	20	0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Ozelley AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	80	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	0-10% 0-10%
Garage Rickli	Drosselklappensteller	20	40-50%	40-50%	N.A..	N.A..	70-80%	10-20% N.A..
Garage Sommerhalder AG	Sicherungsbox/Verteiler	5	70-80%	20-30%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Tanner AG	Waschwasserpumpe	200	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Garage Zweifel AG	Anlasser	10	80-90%	0-10%	20-30%	N.A..	0-10%	80-90% 0-10%
Ghysnau-Garage AG	Fensterheber	15	0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	Generator/Alternator	20	50-60%	20-30%	0-10%	N.A..	30-40%	50-60% 0-10%
N.A..	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige	10	40-50%	40-50%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
N.A..	Generator/Alternator	15	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	90%-100% N.A..
N.A..	Anlasser	15	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	20-30%	80-90% N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	20-30%	N.A..	ordures	90%-100%	N.A.. N.A..
Scania Schweiz AG 8645 Jona	Steuergerät Klimaautomatik	45	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A.. N.A..
SKY Automobiles	Groupe électrogène/Alternateur	15	20-30%	90-100%	N.A..	N.A..	50-60%	50-60% N.A..
Stierli Automobile AG	Generator/Alternator	50	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	60-70%	20-30% N.A..
Vogelsang AG	Steuergerät Fahrassistenz	250	20-30%	60-70%	0-10%	N.A..	60-70%	20-30% N.A..
Volvo Car Bern AG	Aktuatoren aktives Fahrwerk	60	70%	20-30%			60-70%	30-40%
W. Schärer Schlossgarage AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	40	10-20%	80-90%			70-80%	10-20%
Widi Garage AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	100	0-10%	40-50%	40-50%	Abfall AVAG	90%-100%	0-10% 0-10%
Wildbachgarage AG	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige	540	80-90%	10-20%	0-10%	Elektro scrott	90%-100%	N.A.. N.A..
Zugerland Verkehrsbetriebe AG	Anlasser	20	80-90%	0-10%	0-10%	N.A..	40-50%	40-50% N.A..
Autohilfe Zentralschweiz AG	Anlasser	1	70-80%	10-20%	0-10%	N.A..	N.A..	90%-100% N.A..

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	4.1.1 Dritthäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)	4.1.2 Wie viele EEG aus der vorherigen Frage (4.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	4.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten d EEG]	4.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	4.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der EEG die wo anders hingeschickt werden]	4.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte]	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Austauschgeräte]	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Gebrauchtgeräte]
		(4.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	(in %)? [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten d EEG]	(in %)? [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	(in %)? [Anteil der EEG die wo anders hingeschickt werden]	4.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte]	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Austauschgeräte]	4.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Gebrauchtgeräte]
N.A..	Fensterheber	10	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Carrosserie Daddy SA	Moteur du ventilateur de refroidissement	25	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Auto Rohrer AG	Generator/Alternator	5	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
garage Didier Francey sà rl	Démarreur	5	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
Garage Werner Meier	Scheinwerfer und Beleuchtung	N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	70-80%	N.A..	20-30%
garage-carrosserie du vallon	Démarreur	10	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Scheinwerfer und Beleuchtung	300	40-50%	0-10%	40-50%	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
N.A..	Pompe à carburant	20	N.A..	N.A..	90-100%	Ferraille	90%-100%	N.A..	N.A..
N.A..	Actionneur là`ve-vitre	N.A..	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%
rupp	Anlasser	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..
ZiZ Reparaturwerkstatt GmbH	Generator/Alternator	8	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	60-70%	10-20%	0-10%
Autocenter Berger AG	Anlasser	8	60-70%	0-10%	0-10%	Verkauf an Rep Center	30-40%	40-50%	0-10%
Autoelektro Steiner	Zentralverriegelung	5	0-10%	0-10%	90-100%	Autoverwertung	90%-100%	N.A..	N.A..
Duss & Müller GmbH	Scheinwerfer und Beleuchtung	15	0-10%	50-60%	20-30%	Å-kihof	90%-100%	0-10%	0-10%
Garage Flury AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	2	0-10%	0-10%	70-80%	alteisen	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Frédéric Vaucher SA	Pompe à eau du lave-glace	30	0-10%	80-90%	20-30%	Déchetterie	90%-100%	0-10%	0-10%
Garage Gmür	Kraftstoffpumpe	5	N.A..	N.A..	90-100%	Altmatal	80-90%	N.A..	10-20%
Garage Gmür	Kraftstoffpumpe	5	N.A..	N.A..	90-100%	Altmatal	80-90%	N.A..	10-20%
Garage Stocker Muttenz GmbH	Waschwasserpumpe	15	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
M+V Weibel GmbH	Fensterheber	25	0-10%	N.A..	90-100%	Alteisen	90%-100%	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Waschwasserpumpe	10	20-30%	60-70%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
N.A..	Phare et éclairage	10	0-10%	0-10%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..
AMAG Audi Center ZÄrich Altstetten	Scheinwerfer und Beleuchtung	20	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
AMAG Emmen	Generator/Alternator	20	70-80%	20-30%	N.A..	N.A..	20-30%	70-80%	N.A..
AMAG Rhienfelden	Steuergerät Fahrassistenz	20	20-30%	60-70%	0-10%	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Auto Bolli AG	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Bohny Automobile AG	Zentralverriegelung	30	0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Dorfgarage Tommer	Fensterheber	3	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
E. Schäpfer AG	Anlasser	4	80-90%	10-20%	N.A..	N.A..	10-20%	70-80%	10-20%
Emil Frey AG Schlieren	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Balmer AG	Kraftstoffpumpe	10	0-10%	90-100%	0-10%	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%
Garage Bircher AG	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Cäsar GmbH	Scheinwerfer und Beleuchtung	10	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
garage de la Molia`re SA	Phare et éclairage	5	0-10%	0-10%	0-10%	déchetterie	80-90%	10-20%	40-50%
Garage du Vernay	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Helbling AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	4	0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Karpf + Co, Faido	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe	12	60-70%	0-10%	30-40%	Schrott / Abfall	60-70%	30-40%	0-10%
Garage Martin Müller AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	10	0-10%	0-10%	90-100%	Hausmüll	0-10%	90%-100%	0-10%
Garage Nidfeld AG	Fensterheber	10	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Ozelley AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	10	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Rickli	Scheinwerfer und Beleuchtung	300	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Sommerhalder AG	Drosselklappensteller	5	N.A..	N.A..	90-100%	Entsorgung Metall	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Tanner AG	Steuergerät Fahrassistenz	20	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Garage Zweifel AG	Fensterheber	15	N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Ghysnau-Garage AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	10	20-30%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	20	0-10%	70-80%	0-10%	N.A..	70-80%	10-20%	0-10%
N.A..	Steuergerät Antriebsmotor	5	40-50%	40-50%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
N.A..	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbagsteuerung)	25	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	90%-100%	N.A..
N.A..	Fensterheber	11	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	0-10%
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Scania Schweiz AG 8645 Jona	Kraftstoffpumpe	23	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	50-60%	50-60%	N.A..
SKY Automobiles	Corps papillon	15	10-20%	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	0-10%	N.A..
Stierli Automobile AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	40	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Vogelsang AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	150	20-30%	60-70%	0-10%	N.A..	70-80%	10-20%	N.A..
Volvo Car Bern AG	Generator/Alternator	18	90-100%	0-10%	0-10%	N.A..	0-10%	80-90%	N.A..
W. Schärer Schlossgarage AG	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige	10	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	60-70%	10-20%	10-20%
Widi Garage AG	Generator/Alternator	50	90-100%	0-10%	0-10%	N.A..	0-10%	90%-100%	0-10%
Wildbachgarage AG	Fensterheber	20	N.A..	N.A..	90-100%	Abfall/ Elektroschrott	90%-100%	N.A..	N.A..
Zugerland Verkehrsbetriebe AG	Fensterheber	20	40-50%	0-10%	0-10%	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..
Autohilfe Zentralschweiz Ag	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	5.1.1 Vierhäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)	5.1.2 Wie viele EEG aus der vorherigen Frage (5.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	5.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten werden (z.B. d EEG)]	5.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der welche entsorgt werden (z.B. Altola)]	5.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %) [Anteil der EEG die wo anders hingeschickt werden]	5.1.4 Falls zutreffend: Welche andere Destination? (Zur vorherigen Frage)	5.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte] [Austauschgeräte] [Gebrauchtgeräte]	5.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte] [Austauschgeräte] [Gebrauchtgeräte]
N.A..	Anlasser		10 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Carrosserie Daddy SA	Contrà`leur des systà`mes de sècurité passive et active (ex. d'airbag)		6 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Auto Rohrer AG	Fensterheber		5 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
garage Didier Francey sà rl	Groupe électrogà`ne/Alternateur		2 90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Werner Meier	Drosselklappensteller		1 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
garage-carrosserie du vallon	Pompe à carburant		5 N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
N.A..	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Fensterheber		100 0-10%	0-10%	70-80%	N.A..	80-90%	N.A..
N.A..	Actionneur là`ve-vitre		20 N.A..	N.A..	90-100%	Ferraille	90%-100%	N.A..
N.A..	Démarreur		N.A..	90-100%	90-100%	N.A..	90%-100%	0-10%
rupp	Fensterheber		N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..
ZiZ Reparaturwerkstatt GmbH	Scheibenwischermotor		4 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	60-70%	N.A..
Autocenter Berger AG	Drosselklappensteller		10 20-30%	60-70%	N.A..	N.A..	60-70%	10-20% 0-10%
Autoelektro Steiner	Aktuatoren Bremsanlage (z.B. ABS, ESC)		5 0-10%	0-10%	90-100%	Autoverwertung	90%-100%	N.A..
Duss & Müller GmbH	NiMH Batterie		20 N.A..	N.A..	90-100%	Ä-khof	90%-100%	0-10% 0-10%
Garage Flury AG	Fensterheber		2 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Frédéric Vaucher SA	Contrà`leur du réseau de bord et carrosserie		20 0-10%	80-90%	20-30%	Déchetterie	90%-100%	0-10% 0-10%
Garage Gmür	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Gmür	Anlasser		10 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	20-30%
Garage Stocker Mutzenz GmbH	Scheinwerfer und Beleuchtung		25 N.A..	N.A..	90-100%	Kerichtverbrennung	80-90%	N.A..
M+V Weibel GmbH			N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Scheibenwischermotor		4 20-30%	60-70%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..
N.A..	Corps papillon		3 70-80%	0-10%	N.A..	N.A..	80-90%	0-10% N.A..
AMAG Audi Center ZÄrich Altstetten	SteuerGerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)		15 70-80%	20-30%	N.A..	N.A..	70-80%	20-30% N.A..
AMAG Emmen	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige		10 50-60%	50-60%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
AMAG Rhienfelden	Generator/Alternator		10 90-100%	0-10%	0-10%	N.A..	10-20%	80-90% N.A..
Auto Bölli AG	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Bohny Automobile AG	Sicherungsbox/Verteiler		20 60-70%	30-40%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Dorfgarage Tommer	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
E. Schäpfer AG	Scheibenwischermotor		3 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	70-80%	0-10% 20-30%
Emil Frey AG Schlieren	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Balmer AG	Generator/Alternator		10 80-90%	10-20%	0-10%	N.A..	0-10%	80-90% 0-10%
Garage Bircher AG	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Cäsar GmbH	Anlasser		5 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20% N.A..
garage de la Molia`re SA	Actionneurs pour systà`me de freinage (ABS, ESC, etc.)		3 0-10%	0-10%	0-10%	déchetterie	80-90%	10-20% 40-50%
Garage du Vernay	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Helbling AG	Generator/Alternator		10 80-90%	0-10%	N.A..	N.A..	0-10%	80-90% N.A..
Garage Karpf + Co, Faido	Drosselklappensteller		8 0-10%	0-10%	90-100%	Schrott	90%-100%	20-30% 20-30%
Garage Martin Müller AG	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe		3 90-100%	0-10%	0-10%	Göteborg Schweden	0-10%	90%-100% 0-10%
Garage Nidfeld AG	Scheibenwischermotor		10 0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..
Garage Ozelley AG	Zentralverriegelung		10 0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Rickli	Generator/Alternator		10 30-40%	60-70%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Sommerhalder AG	Aktuatoren aktives Fahrwerk		3 50-60%	N.A..	50-60%	Entsorgung Metall	90%-100%	N.A..
Garage Tanner AG	NiMH Batterie		20 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Garage Zweifel AG	Waschwasserpumpe		5 N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	90%-100%	N.A..
Ghysnau-Garage AG	Scheinwerfer und Beleuchtung		10 20-30%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	SteuerGerät Fahrassistenz		10 10-20%	60-70%	0-10%	N.A..	70-80%	0-10% 0-10%
N.A..	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Li-Ion Batterie		250 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
N.A..	Zentralverriegelung		8 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
N.A..	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Scania Schweiz AG 8645 Jona	SteuerGerät Bordnetz/Karosserie		18 N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
SKY Automobiles	Démarreur		10 10-20%	80-90%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20% N.A..
Stierli Automobile AG	Steuergerät Klimaautomatik		10 10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Vogelsang AG	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige		50 10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..
Volvo Car Bern AG								
W. Schärer Schlossgarage AG	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe		0-10%	70-80%	10-20%	Reparatur / Austausch	60-70%	10-20% 0-10%
Widi Garage AG	Steuergerät Bordnetz/Karosserie		20 10-20%	80-90%	0-10%	N.A..	90%-100%	10-20% 0-10%
Wildbachgarage AG	Lautsprecher		10 N.A..	N.A..	90-100%	Abfall/ elektroschrott	90%-100%	N.A..
Zugerland Verkehrsbetriebe AG	Aktuatoren Bremsanlage (z.B. ABS, ESC)		5 0-10%	80-90%	N.A..	N.A..	70-80%	10-20% N.A..
Autohilfe Zentralschweiz Ag	N.A..		N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..

1.1. Name Ihrer Firma/Garage	6.1.1 FÄ%nfhäufigstes ausgetauschtes Gerät (Dropdown ist alphabetisch sortiert)	6.1.2 Wie viele EEG aus der vorherigen Frage (6.1.1) werden in Ihrer Firma pro Jahr ersetzt?	6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der zum Hersteller zurückgeschickten werden (z.B. d EEG)]	6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt EEG die wo anders hingeschickt werden]	6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt EEG die wo anders hingeschickt werden]	6.1.4 Falls zutreffend: Welche andere (in %)? [Anteil alte Destination? (Zur vorherigen Frage)	6.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte]	6.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Austauschgeräte]	7. 1 Gibt es ein Gerät, welches oft in Ihrer Firma ersetzt wird, aber in der Auswahl zuvor gefehlt hat? Falls ja, bitten wir Sie dieses hier zu vermerken und ebenfalls die jährliche Menge anzugeben.	7.2 Weitere Bemerkungen	
			6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt EEG die wo anders hingeschickt werden]	6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt EEG die wo anders hingeschickt werden]	6.1.3 Wohin gehen die alten Geräte des zuvor gewählten Geräts (in %)? [Anteil der welche entsorgt EEG die wo anders hingeschickt werden]	6.1.4 Falls zutreffend: Welche andere (in %)? [Anteil alte Destination? (Zur vorherigen Frage)	6.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Neue Geräte]	6.1.5 Woher kommen die Ersatzgeräte für das zuvor gewählte Gerät (in %)? [Austauschgeräte]			
N.A.	Generator/Alternator	10	90-100%	N.A.	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..
Carrosserie Daddy SA	Pompe à eau du lave-glace	5	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	capteur radar PDC	N.A..
Auto Rohrer AG	Waschwasserpumpe	3	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
garage Didier Francey sà rl	Combiné d'instruments/Affichage infotainment	2	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Werner Meier	Kraftstoffpumpe	01-Feb	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	50-60%	N.A..	50-60%	AGR Ventil, Luftmassenmesser, ca 2-	N.A..
garage-carrosserie du vallon	Phare et éclairage	10	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Lautsprecher	300	0-10%	0-10%	70-80%	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Moteur du ventilateur de refroidissement	10	N.A..	N.A..	90-100%	Feraille	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Groupe électrogène/Alternateur	N.A..	90-100%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%	N.A..	N.A..
rupp	Scheinwerfer und Beleuchtung	N.A..	N.A..	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
ZIZ Reparaturwerkstatt GmbH	Kraftstoffpumpe	2	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	0-10%	nein	N.A..
Autocenter Berger AG	Fensterheber	5	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	20-30%	Steuergerät Fahrdynamik	N.A..
Autoelektro Steiner	KÄhlereiLÄftermotor	2	0-10%	0-10%	90-100%	Autoverwertung	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Duss & Müller GmbH	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Flury AG	Kraftstoffpumpe	2	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Frédéric Vaucher SA	Actionneur à verrière	20	0-10%	80-90%	0-10%	Déchetterie	90%-100%	0-10%	0-10%	non	N.A..
Garage Gmür	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Stocker Mutzenz GmbH	Kraftstoffpumpe	3	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
M+V Weibel GmbH	Zentralverriegelung	15	N.A..	N.A..	90-100%	Abfall	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Anlasser	4	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Pompe à eau du lave-glace	3	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	80-90%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
AMAG Audi Center ZÄrich Altstetten	Lautsprecher	12	80-90%	10-20%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
AMAG Emmen	Scheinwerfer und Beleuchtung	10	50-60%	50-60%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
AMAG Rhienfelden	Fensterheber	10	0-10%	0-10%	N.A..	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%	Display Infotainment	Pixelfehler
Auto Böli AG	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Bohny Automobile AG	Waschwasserpumpe	N.A..	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	Sensoren	N.A..
Dorfgarage Tommer	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
E. Schäpfer AG	Generator/Alternator	2	70-80%	20-30%	0-10%	N.A..	0-10%	70-80%	20-30%	Steuer/Magnetventile und diverse	N.A..
Emil Frey AG Schlieren	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Balmer AG	Elektrischer Antriebsmotor (Permanentmagnet)	10	0-10%	90-100%	0-10%	N.A..	80-90%	10-20%	0-10%	Sensoren, Sonden, etc.	N.A..
Garage Bircher AG	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Cäsar GmbH	Waschwasserpumpe	3	0-10%	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
garage de la Molia're SA	Groupe électrogène/Alternateur	4	30-40%	60-70%	20-30%	déchetterie	80-90%	40-50%	40-50%	N.A..	N.A..
Garage du Vernay	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Helbling AG	Kombiinstrument/Infotainment-Anzeige	3	30-40%	60-70%	N.A..	N.A..	50-60%	50-60%	N.A..	Nein	N.A..
Garage Karpf + Co, Faido	Li-Ion Batterie	3	0-10%	0-10%	90-100%	Hafeli BrÄgger x recycling	90%-100%	20-30%	20-30%	-	Nein
Garage Martin Müller AG	Anlasser	3	90-100%	0-10%	0-10%	Göteborg Schweden	0-10%	90%-100%	0-10%	N.A..	N.A..
Garage Nidfeld AG	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	5	70-80%	10-20%	N.A..	N.A..	80-90%	10-20%	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Ozelle AG	Fensterheber	10	0-10%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Rickli	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbagsteuerung)	40	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Sommerhalder AG	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbagsteuerung)	2	50-60%	N.A..	50-60%	Entsorgung Metall	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Tanner AG	Scheinwerfer und Beleuchtung	10	N.A..	90-100%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Garage Zweifel AG	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Ghysnau-Garage AG	Steuergerät Bremse und Fahrwerk	10	20-30%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Müller Nutzfahrzeuge AG/Härkingen	Inverter	5	0-10%	70-80%	0-10%	N.A..	80-90%	0-10%	0-10%	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Steuermodul/Schieberkasten autom. Getriebe	20	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	Kraftstoffpumpe	7	N.A..	N.A..	90-100%	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..	oui beaucoup pas de chiffres précis	N.A..
Scania Schweiz AG 8645 Jona	Drosselklappensteller	18	90-100%	N.A..	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
SKY Automobiles	Actionneur à verrière	10	60-70%	60-70%	N.A..	N.A..	70-80%	20-30%	N.A..	N.A..	N.A..
Stierli Automobile AG	Kühlerlüftermotor	5	30-40%	60-70%	N.A..	N.A..	90%-100%	N.A..	N.A..	N.A..	N.A..
Vogelsang AG	Aktuatoren Bremsanlage (z.B. ABS, ESC)	50	10-20%	70-80%	N.A..	N.A..	90%-100%	0-10%	N.A..	N.A..	N.A..
Volvo Car Bern AG											
W. Schärer Schlossgarage AG	Steuergerät Antriebsmotor	10	0-10%	90-100%			90%-100%				
Widi Garage AG	Waschwasserpumpe	15	0-10%	90-100%	0-10%	N.A..	90%-100%	0-10%	0-10%	N.A..	N.A..
Wildbachgarage AG	Anlasser	5	90-100%</td								

## Anhang C      Ergebnisse RESH Probenahme und Analyse

The main elements were directly measured with wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry (WD-XRF) following the Empa-SOP No. 6000. The device used for the measurements was a „Primus IV“ (Rigaku, Japan). The elements were measured in the standardless measurement mode with a measurement time of 10 minutes. The elements  $Z < 11$  cannot be detected with the applied method. The detection limit for the elements in the powder samples corresponds to approximately 0.001% (except Hg = 0.01%).

### 2.3      Results semiquantitative WD-XRF

Sample Element	→ ↓	1 A	1 B	2 A	2 B	3 A	3 B	4 A	4 B
<b>Mass content in g/100g (%)</b>									
Aluminium	Al	3	3	3	4	2	2	2	2
Chromium	Cr	0.2	0.1	0.6	0.9	0.5	0.1	0.1	<
Copper	Cu	2	2	3	2	2	2	3	3
Iron	Fe	7	7	8	10	6	4	3	5
Nickel	Ni	0.1	0.04	0.1	0.2	0.1	0.04	<	0.03
Lead	Pb	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Tin	Sn	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	<	<	0.02
Antimony	Sb	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	<	0.02	0.02
Yttrium	Y	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Zinc	Zn	1	1	1	1	1	1	1	1

< = smaller than the detection limit of the procedure

All other elements on goal and scope are < (smaller than the detection limit of the procedure).

The quantification of the mass fractions of Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, Sn and Zn were done with ICP-OES. For the quantification of the trace elements Cd, Dy, La, Pd, Pt, Y and Yb the QQQ-ICP-MS was applied, mainly in the He-measurement mode. All disturbances, in particular with the elements Au and Nd, could be avoided with oxygen in the reaction gas mode. For the determination of Hg, the stabilized sample solutions were pre-reduced with hydroxylammonium hydrochloride solution and subsequently reduced to Hg0 using the cold vapour technique FIMS-400 by means of SnCl2 and quantified.

## 2.5 Results for main elements with ICP-OES

### 2.5.1 HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – digestion (HNO<sub>3</sub>) and HNO<sub>3</sub>/HCl – digestion (Aqua regia)

Element →	Al 396.152 nm	Cr 267.716 nm	Cu 324.754 nm	Fe 271.441 nm	Ni 216.555 nm	Pb 220.353 nm	Sb 217.582 nm	Sn 189.925 nm	Zn 206.200 nm
Digestion →	Aqua regia	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	Aqua regia	HNO <sub>3</sub>	Aqua regia	Aqua regia	Aqua regia	HNO <sub>3</sub>
Sample label ↓	Mass content in µg/g (ppm)								
1 A	26'400 ± 600	1'700 ± 50	23'100 ± 1'300	66'700 ± 2100	850 ± 40	860 ± 10	210 ± 10	260 ± 20	9'700 ± 220
1 B	25'100 ± 1'800	740 ± 40	19'700 ± 1'200	64'700 ± 3'300	380 ± 20	1'130 ± 30	230 ± 10	300 ± 20	9'600 ± 250
2 A	26'300 ± 500	4'900 ± 60	24'500 ± 40	82'400 ± 1'100	1'800 ± 30	720 ± 10	250 ± 2	170 ± 10	8'900 ± 160
2 B	28'900 ± 700	9'000 ± 450	23'500 ± 1'600	102'000 ± 3'100	3'300 ± 170	780 ± 30	220 ± 10	170 ± 10	9'400 ± 450
3 A	12'600 ± 100	3'500 ± 50	16'000 ± 240	49'500 ± 700	1'300 ± 20	900 ± 1	230 ± 2	200 ± 10	8'000 ± 40
3 B	14'700 ± 500	510 ± 40	15'700 ± 1'600	36'800 ± 1'700	270 ± 20	980 ± 10	190 ± 10	150 ± 4	8'600 ± 100
4 A	13'400 ± 500	430 ± 30	25'500 ± 3'400	32'900 ± 300	170 ± 15	800 ± 10	250 ± 10	160 ± 10	7'100 ± 220
4 B	16'500 ± 600	530 ± 60	34'300 ± 2'200	49'400 ± 1'500	290 ± 70	870 ± 10	200 ± 4	200 ± 20	9'000 ± 470

## 2.6 Results for trace elements with ICP-MS resp. FIMS-400 (for Hg)

### 2.6.1 HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – digestion (HNO<sub>3</sub>) and HNO<sub>3</sub>/HCl – digestion (Aqua regia)

Element →	Au *197-197 [O <sub>2</sub> ]	Cd *111 [He]	Dy *163 [He]	Hg FIMS-400	La *139 [He]	Nd *146-162 [O <sub>2</sub> ]	Pd *105 [He]	Pt *195 [He]	Y *89 [He]	Yb *172 [He]
Digestion →	Aqua regia	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	Aqua regia	Aqua regia	Aqua regia	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>
Sample label ↓	Mass content in µg/g (ppm)									
1 A	0.2 ± 0.02	3.2 ± 0.1	1.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1	7.4 ± 0.4	26 ± 1	2.5 ± 0.3	0.3 ± 0.01	54 ± 2	62 ± 3
1 B	0.9 ± 0.3	2.7 ± 0.4	2.3 ± 0.2	0.3 ± 0.04	8.8 ± 0.4	28 ± 1	2.0 ± 0.2	0.2 ± <0.01	53 ± 1	58 ± 1
2 A	0.3 ± 0.1	3.0 ± 0.1	1.8 ± <0.1	0.2 ± <0.01	9.6 ± 0.5	22 ± 1	1.7 ± 0.1	0.4 ± 0.1	50 ± 0.1	79 ± 0.2
2 B	0.7 ± 0.1	2.4 ± 0.1	3.3 ± 0.3	0.2 ± <0.01	9.7 ± 0.2	35 ± 1	1.7 ± 0.1	0.3 ± 0.01	52 ± 1	60 ± 1
3 A	0.2 ± 0.03	4.0 ± 2.1	1.0 ± 0.1	0.5 ± 0.3	4.5 ± 0.4	12 ± 0.3	0.3 ± <0.01	0.4 ± 0.4	57 ± 1	63 ± 1
3 B	<0.10	2.7 ± 0.1	1.0 ± <0.1	0.4 ± 0.02	4.9 ± 0.3	12 ± 1	<0.3	0.2 ± 0.07	59 ± 1	62 ± 1
4 A	<0.10	1.6 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.2 ± 0.01	3.7 ± 0.2	10 ± 1	<0.3	0.1 ± 0.01	51 ± 1	93 ± 2
4 B	0.1 ± 0.01	2.4 ± 0.3	1.4 ± 0.1	0.2 ± 0.02	4.7 ± 0.3	16 ± 1	<0.3	0.1 ± 0.01	52 ± 1	60 ± 1

\* mass number and ICP-MS measuring-mode

**Anhang D      Ergebnisse Batchversuch**

		Batch 1: Lamps								
		Leirplatten	Kunststoff	Aluminium	Eisen	Mixed Met	Anker	Leicht-Met	Verluste	
	Parameter	unit	LP	KS	Alu	Fe	MMC	Fe/Cu	Lmag	Verl
Quantity	Fraction mass	[kg]		167	1212	119	89	58	3	48
	mass proportion from the batch	[-]		9.7%	70.6%	6.9%	5.2%	3.4%	0.2%	2.8%
Elemente und schwermetalle	Aluminium	[mg/kg]	22'395	26'177						
	Eisen	[mg/kg]	408	3'656						
	Gold	[mg/kg]		19	27					
	Kupfer	[mg/kg]	39'671	60'838						
	Dysprosium	[mg/kg]								
	Neodym	[mg/kg]								
	Palladium	[mg/kg]		4	5					
	Silber	[mg/kg]	136	157						
Flammschutzmittel	BDE 28	[mg/kg]	-	-						
	BDE 47	[mg/kg]	-	-						
	BDE 99	[mg/kg]	-	-						
	BDE 100	[mg/kg]	-	-						
	BDE 153	[mg/kg]	-	-						
	BDE 154	[mg/kg]	-	-						
	BDE 183	[mg/kg]	-	-						
	BDE 197	[mg/kg]	-	-						
	DeBDE (BDE 209)	[mg/kg]	-	-						
	PeBDE (DE-71 Great Lakes)	[mg/kg]	-	-						
	OcBDE (DE-79 Great Lakes)	[mg/kg]	-	-						
	HBCD	[mg/kg]	-	-						
	TBBPA	[mg/kg]	-	-						
	DeBB	[mg/kg]	-	-						

\* nicht chemisch analysiert

below measurement limit

Parameter	unit	Batch 2: KFZ								
		Leirplatten LP	Kunststoff KS	Aluminium Alu	Eisen Fe	Mixed MMC	Met Fe/Cu	Anker Lmag	Leicht-Magne Verluste Verl	
Quantity	Fraction mass mass proportion from the batch	[kg]	81.5	473	187	243	143	45	77	15
Elemente und schwermetalle	Aluminium	[mg/kg]	15'037	61'386					28'600	
	Eisen	[mg/kg]	699	10'990					745'000	
	Gold	[mg/kg]	56	2					18	
	Kupfer	[mg/kg]	25'029	17'204					57'000	
	Dysprosium	[mg/kg]							11	
	Neodym	[mg/kg]							22	
	Palladium	[mg/kg]	8	-					3	
	Silber	[mg/kg]	278	21					140	
Flammschutzmittel	BDE 28	[mg/kg]		-						
	BDE 47	[mg/kg]		-						
	BDE 99	[mg/kg]		-						
	BDE 100	[mg/kg]		-						
	BDE 153	[mg/kg]		-						
	BDE 154	[mg/kg]		-						
	BDE 183	[mg/kg]		-						
	BDE 197	[mg/kg]		-						
	DeBDE (BDE 209)	[mg/kg]		-						
	PeBDE (DE-71 Great Lakes)	[mg/kg]		-						
	OcBDE (DE-79 Great Lakes)	[mg/kg]		-						
	HBCD	[mg/kg]		-						
	TBBPA	[mg/kg]		-						
	DeBB	[mg/kg]		-						

\* nicht chemisch analysiert

below measurement limit

	Parameter	unit	Batch 3: Elektronik								
			Leirplatten LP	Kunststoff KS	Aluminium Alu	Eisen Fe	Mixed Metal: Anker MMC	Leicht-Met. Verluste Fe/Cu	Leicht-Met. Verluste Lmag	Leicht-Met. Verluste Verl	
Quantity	Fraction mass mass proportion from the batch	[kg]	510.5	697	579	1152	212	117	290	45	
Elemente und schwermetalle	Aluminium	[mg/kg]	14.2%	19.3%	16.1%	32.0%	5.9%	3.2%	8.0%	1.2%	
	Eisen	[mg/kg]	11'361	65'816			635'000				
	Gold	[mg/kg]	1'752	10'000			9'200				
	Kupfer	[mg/kg]	150	84			10				
	Dysprosium	[mg/kg]	73'596	25'973			40'000				
	Neodym	[mg/kg]					8				
	Palladium	[mg/kg]	38	1			1				
	Silber	[mg/kg]	298	166			130				
Flammschutzmittel	BDE 28	[mg/kg]		-							
	BDE 47	[mg/kg]		-							
	BDE 99	[mg/kg]		-							
	BDE 100	[mg/kg]		-							
	BDE 153	[mg/kg]		-							
	BDE 154	[mg/kg]		-							
	BDE 183	[mg/kg]		-							
	BDE 197	[mg/kg]		-							
	DeBDE (BDE 209)	[mg/kg]		-							
	PeBDE (DE-71 Great Lakes)	[mg/kg]		-							
	OcBDE (DE-79 Great Lakes)	[mg/kg]		-							
	HBCD	[mg/kg]		-							
	TBBPA	[mg/kg]		-							
	DeBB	[mg/kg]		-							

\* nicht chemisch analysiert

below measurement limit

## Anhang E Ergebnisse Deep Dismantling

### 7.1.3 Liste der Zerlegte Geräte

Device_ID in Database	Gerät	Type_device_standard	Gerätekategorie	Masse in g
dev1184	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	279
dev1185	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	3523
dev1186	Kühlerlüftermotor	HeaterAndACFanMotor	Aktuator	1581
dev1187	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1112
dev1188	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1443
dev1189	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	891
dev1190	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	1591
dev1191	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1949
dev1192	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1151
dev1193	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	1048
dev1194		Switch	Steuergerät	217
dev1195	Kombiinstrument/Info-Anzeige	InstrumentPanel	Steuergerät	397
dev1196	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	2163
dev1197	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	892
dev1198	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	468
dev1199	Lautsprecher	Speaker	Aktuator	608
dev1200		Switch	Steuergerät	110
dev1201	Lautsprecher	Speaker	Aktuator	435
dev1202		ShiftingGearModule	Anderes	1915
dev1203	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	909
dev1204	Aktuatoren Bremsanlage (z.B. ABS, ESC)	ABSActuator	Aktuator	3052
dev1205	Kombiinstrument/Info-Anzeige	InstrumentPanel	Steuergerät	1191
dev1206	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1173
dev1207	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	982
dev1208	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	2026
dev1209	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	960
dev1210	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	308
dev1211	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	1773
dev1212	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbag-Steuerung)	AirbagController	Steuergerät	292.5
dev1213	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	1363

Device_ID in Database	Gerät	Type_device_standard	Gerätekategorie	Masse in g
dev1214	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	3466
dev1215	Steuergerät Klimaautomatik	HeatingCoolingController, ComfortController, HeatingController	Steuergerät	659
dev1216	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1040
dev1217	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	1565
dev1218	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	655
dev1219	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	1581
dev1220	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1016
dev1221	Sicherungsbox/Verteiler	Fusebox	Steuergerät	834
dev1222	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1330
dev1223	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	484
dev1224	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	2579
dev1225	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	3986
dev1226		CombinedSwitch	Steuergerät	875
dev1227		4WDActuator	Aktuator	209
dev1228	Lautsprecher	Speaker	Aktuator	1189
dev1229	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	644
dev1230	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	383
dev1231	Audi E-Tron Ladeklappe	InsertPanel	Aktuator	706
dev1232	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	2158
dev1233	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	805
dev1234	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	537
dev1235	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	233
dev1236	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	5862
dev1237	Lautsprecher	Speaker	Aktuator	610
dev1238	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	263
dev1239	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	2348
dev1240	Sicherungsbox/Verteiler	FuseBox	Steuergerät	1504
dev1242	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbag-Steuerung)	AirbagController	Steuergerät	226
dev1243	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1256
dev1244	Kühlerlüftermotor	HeaterAndACFanMotor	Aktuator	1856
dev1245	Steuergerät Insassenschutz (z.B. Airbag-Steuerung)	AirbagController	Steuergerät	258
dev1246	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1156

Device_ID in Database	Gerät	Type_device_standard	Gerätekategorie	Masse in g
dev1247	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	322
dev1248	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1045
dev1249	Lufteinzugszpumpe	EngineAirInjectionPump	Aktuator	1295
dev1250	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	1554
dev1251	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	871
dev1252	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Scheinwerfer	756
dev1253	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	777
dev1254	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	755
dev1255	Steuergerät Bremse und Fahrwerk (z.B. ABS, ESC)	ABSControlUnit, SelfLevelingSuspensionController	Steuergerät	813
dev1256	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	405
dev1257	DCDC Wandler	DCDCConverter	Steuergerät	2187
dev1258	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	198
dev1259	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	112
dev1260	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	197
dev1261	Scheibenwischermotor	WiperMotor	Aktuator	793
dev1262	Zentralverriegelung	DoorLockActuator	Aktuator	645
dev1263	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	197
dev1264	Verstärker	Amplifier	Steuergerät	1541
dev1265	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	155
dev1266	Steuergerät Antriebsmotor	EngineController	Steuergerät	206
dev1267	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	311
dev1268	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	155
dev1269	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	120
dev1270	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	115
dev1271	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	184
dev1272	Sicherungsbox/Verteiler	FuseBox	Steuergerät	248
dev1273	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	194
dev1274	Kombiinstrument/Info-Anzeige	InstrumentPanel	Steuergerät	1072
dev1275	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	149

Device_ID in Database	Gerät	Type_device_standard	Gerätekategorie	Masse in g
dev1276	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	NavigationAndSoundSystem, NavigationSystem, SoundSystem	Steuergerät	319
dev1277	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	607
dev1278	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule	Steuergerät	242
dev1279		Airbag	Anderes	1305
dev1280	Externes Ladekabel (Elektro-fahrzeug)	ChargeCord	Kabel	1868
dev1281	Steuergerät Fahrassistenz	AdaptiveCruiseControlController, CameraController, ElectronicPowerSteeringController, ParkAssistantController, SignRecognition-CameraController	Steuergerät	773
dev1282	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light	Schweinwerfer	3637

#### 7.1.4 Detaillierte Zusammensetzung jedes Geräts

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_component_standard	Mass [g]
1	Steuergerät	Steuergerät Antriebsmotor	EngineControlUnit		279
				PCB	39
				Al-parts	169
				Plastic-parts	71
2	Schwein-werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		3'523
				Al-parts	549
				Fe-parts	27
				Motor	115
				Plastic-parts	81
				Cables and Connectors	139
3	Aktuator	Kühlerlüftermotor	HeaterAndACFanMotor		1'581
				Plastic-parts	314
				Motor	534
				Fe-parts	508
				Cables and Connectors	31
4	Steuergerät	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	InfotainmentNavigationSystem		1'112
				Fe-parts	4
				PCB	211
				Al-parts	521
				Display	374

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
5	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		1'443
				Plastic-parts	406
				PCB	265
				Fe-parts	735
				Al-parts	4
				Rest	31
6	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		891
				Al-parts	71
				Fe-parts	692
				PCB	105
				Plastic-parts	12
				Motor	10
7	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		1'591
				Fe-parts	20
				Al-parts	898
				PCB	670
8	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		1'949
				Fe-parts	1'342
				PCB	294
				Al-parts	63
				Plastic-parts	182
				Display	65
9	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNaviga- tionSystem		1'151
				PCB	154
				Plastic-parts	498
				Display	409
				Fe-parts	76
10	Steuergerät	Steuergerät An- triebsmotor	EngineControlUnit		1'048
				Fe-parts	734
				PCB	190
				Cu-parts	80
				Plastic-parts	42

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_component_standard	Mass [g]
11	Steuergerät		Switch		217
				Plastic-parts	162
				Fe-parts	1
				PCB	3
				Cu-parts	50
12	Steuergerät	Kombiinstrument/Info-Anzeige	CombinedInstrumentDisplay		397
				Plastic-parts	260
				PCB	81
				Fe-parts	57
13	Steuergerät	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multimedia)	InfotainmentNavigationSystem		2'163
				Fe-parts	1'398
				Al-parts	0
				PCB	446
				Cables and Connectors	15
				Display	156
				Motor	10
				Rest	36
14	Steuergerät	Steuergerät Antriebsmotor	EngineControlUnit		892
				Fe-parts	377
				Al-parts	383
				PCB	125
				Plastic-parts	7
15	Schweinwerfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		468
				Plastic-parts	275
				Fe-parts	2
				Cables and Connectors	16
				PCB	55
				Al-parts	98
				Rest	14
16	Aktuator	Lautsprecher	Speaker		608
				Plastic-parts	133
				Fe-parts	140
				Motor	246
				Rest	57

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
17	Steuergerät		Switch		110
				Plastic-parts	100
				PCB	10
				PCB	<0.5
18	Aktuator	Lautsprecher	Speaker		435
				Plastic-parts	204
				PCB	17
				Magnet	-
				Fe-parts	41
19	Anderes		ShiftingGearModule		1'915
				Cu-parts	60
				Fe-parts	305
				Magnet	35
				Cables and Connectors	15
				PCB	28
				Plastic-parts	1'241
				Rest	40
20	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		909
				Fe-parts	380
				Al-parts	87
				PCB	189
				Cables and Connectors	71
				Display	36
				Plastic-parts	147
21	Aktuator	Aktuatoren Brems- anlage (z.B. ABS, ESC)	BrakeSystemActuator		3'052
				Magnet	279
				Fe-parts	835
				Motor	40
				Al-parts	1'417
				Cu-parts	300

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
22	Steuergerät	Kombiinstru- ment/Info-Anzeige	CombinedInstru- mentDisplay		1'191
				Cu-parts	11
				Motor	11
				PCB	155
				Fe-parts	42
				Al-parts	45
				Cu-parts	1
				Plastic-parts	842
				Rest	51
				Cables and Connectors	20
23	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		1'173
				Plastic-parts	301
				Fe-parts	380
				PCB	153
				Display	331
24	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		982
				Al-parts	683
				Fe-parts	134
				PCB	165
25	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		2'026
				PCB	449
				Al-parts	529
				Fe-parts	502
				Plastic-parts	112
				Cables and Connectors	36
				Rest	396
26	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		960
				PCB	148
				Fe-parts	382
				Al-parts	71
				Rest	5
				Plastic-parts	21
				Display	333

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
27	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		307
				PCB	57
				LightBulb	4
				Rest	2
				Cables and Connectors	1
				Fe-parts	4
				Cu-parts	2
				Plastic-parts	234
				Rest	3
				Al-parts	<1
28	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		1'773
				motor	13
				Fe-parts	354
				Al-parts	778
				Plastic-parts	115
				Cables and Connectors	1
				PCB	512
29	Steuergerät	Steuergerät Insas- senschutz	AirbagController		293
				Cables and Connectors	2
				PCB	105
				Plastic-parts	178
				Rest	5
				Fe-parts	3
				Al-parts	-
30	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		1'363
				PCB	355
				Cables and Connectors	0
				Fe-parts	324
				Al-parts	658
				Plastic-parts	4
				Motor	8
				Rest	16

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
31	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		3'466
				Al-parts	1'501
				Plastic-parts	244
				Rest	38
				Cables and Connectors	30
				Fe-parts	318
				PCB	1'324
				Motor	18
32	Steuergerät	Steuergerät Klima- automatik	HabitacleClimateCon- troller		659
				Plastic-parts	488
				PCB	137
				Fe-parts	7
				Rest	28
33	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		1'040
				Plastic-parts	285
				Fe-parts	309
				PCB	148
				Al-parts	71
				Cables and Connectors	6
				Display	217
				Rest	2
34	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		1'565
				PCB	144
				Fe-parts	74
				Al-parts	520
				Display	143
				Cables and Connectors	2
				Plastic-parts	675
				Rest	1
35	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		655

<b>ID</b>	<b>Category</b>	<b>Type_device_list_DE</b>	<b>Type_device_standard</b>	<b>Type_compo- nent_standard</b>	<b>Mass [g]</b>
<b>36</b>	<b>Steuergerät</b>	<b>Verstärker</b>	<b>AudioAmplifier</b>		<b>1'581</b>
				Fe-parts	307
				Plastic-parts	171
				Al-parts	766
				PCB	306
				Cables and Connectors	0
				Motor	28
				Rest	4
<b>37</b>	<b>Steuergerät</b>	<b>Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)</b>	<b>SoundSystem</b>		<b>1'016</b>
				PCB	148
				Cables and Connectors	7
				Fe-parts	350
				Al-parts	72
				Plastic-parts	236
				Display	228
				Rest	2
<b>38</b>	<b>Steuergerät</b>	<b>Sicherungs- box/Verteiler</b>	<b>FuseBox</b>		<b>834</b>
				PCB	570
				Plastic-parts	237
<b>39</b>	<b>Steuergerät</b>	<b>Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)</b>	<b>InfotainmentNava- tionSystem</b>		<b>1'330</b>
				PCB	245
				Fe-parts	54
				Display	447
				Al-parts	48
				Cables and Connectors	15
				Plastic-parts	521
<b>40</b>	<b>Steuergerät</b>	<b>Steuergerät Bord- netz/Karosserie</b>	<b>BodyControlModule</b>		<b>484</b>
				Plastic-parts	329
				PCB	134
				Cables and Connectors	24

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
41	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		2'579
				PCB	396
				Al-parts	253
				Fe-parts	1'454
				Display	206
				Motor	68
				Plastic-parts	92
				Cables and Connectors	110
42	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		3'986
				Plastic-parts	2'765
				Al-parts	113
				Motor	292
				LightBulb	84
				Fe-parts	149
				Cables and Connectors	150
				PCB	118
				Rest	130
				Other metals	185
43	Steuergerät		CombinedSwitch		875
				Plastic-parts	678
				Fe-parts	72
				PCB	53
				Cables and Connectors	20
				Other metals	5
44	Aktuator		4WDActuator		209
				Plastic-parts	152
				Fe-parts	5
				PCB	32
				Rest	9
45	Aktuator	Lautsprecher	Speaker		1'189
				Plastic-parts	377
				Cables and Connectors	29
				Magnet	709
				Other metals	37
				PCB	2
				Rest	25

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
46	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		644
				Plastic-parts	571
				PCB	30
				Fe-parts	25
				Cables and Connectors	4
				LightBulb	7
				Rest	7
47	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenz	AdaptiveCruiseCon- trolController		383
				Plastic-parts	98
				PCB	134
				Fe-parts	5
				Al-parts	104
				Cables and Connectors	1
48	Aktuator	Ladeklappe (für xEVs)	PlugInsertPanel		706
				Plastic-parts	596
				Cables and Connectors	58
				Fe-parts	6
				Magnet	10
				PCB	3
				Motor	24
				Rest	1
49	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		2'158
				Plastic-parts	1'929
				Fe-parts	14
				Cables and Connectors	30
				PCB	182
				Rest	3
50	Steuergerät	Steuergerät An- triebsmotor	EngineControlUnit		805
				Al-parts	623
				PCB	158
				Fe-parts	16
				Plastic-parts	1

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
51	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	ParkingCameraCon- troller		537
				PCB	11
				Cables and Connectors	40
				Motor	44
				Fe-parts	6
				Al-parts	1
				Plastic-parts	440
52	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	BodyControlModule		233
				PCB	102
				Plastic-parts	137
53	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		5'862
				Plastic-parts	4'200
				Al-parts	1'107
				Cables and Connectors	185
				Fe-parts	33
				PCB	120
				Motor	148
54	Aktuator	Lautsprecher	Speaker		610
				Cables and Connectors	6
				Fe-parts	138
				Cu-parts	1
				Plastic-parts	166
				Rest	7
				Magnet	286
				PCB	1
55	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	ParkingCameraCon- troller		263
				Fe-parts	174
				PCB	91

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
56	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		2'348
				PCB	98
				Cables and Connectors	112
				Display	408
				Fe-parts	382
				Al-parts	23
				Plastic-parts	1'326
57	Steuergerät	Sicherungs- box/Verteiler	FuseBox		1'504
				PCB	824
				Fe-parts	20
				Plastic-parts	665
58	Anderes				92
				PCB	21
				Fe-parts	4
				Plastic-parts	73
59	Steuergerät	Steuergerät Insas- senschutz	AirbagController		226
				PCB	69
				Fe-parts	93
				Plastic-parts	59
60	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		1'256
				PCB	126
				Fe-parts	117
				Al-parts	473
				Display	314
				Plastic-parts	227
61	Aktuator	Kühlerlüftermotor	HeaterAndACFanMo- tor		1'856
				Motor	1'342
				Fe-parts	6
				Plastic-parts	509
62	Steuergerät	Steuergerät Insas- senschutz	AirbagController		258
				PCB	61
				Fe-parts	138
				Plastic-parts	57

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
63	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		1'156
				PCB	150
				Display	304
				Fe-parts	139
				Al-parts	53
				Plastic-parts	516
				Rest	7
64	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	NavigationAnd- SoundSystem, Navi- gationSystem, SoundSystem		322
				PCB	64
				Fe-parts	34
				Al-parts	93
				Cu-parts	26
				Plastic-parts	117
65	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- gationSystem		1'045
				PCB	89
				Motor	57
				Display	4
				Fe-parts	125
				Al-parts	293
				Plastic-parts	506
66	Aktuator	Lufteininspritzpumpe	EngineAirInjection- Pump		1'295
				Cables and Connectors	40
				Motor	608
				Al-parts	96
				Plastic-parts	520
				Rest	21
67	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- gationSystem		1'554

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
68	Steuergerät	Steuergerät An- triebsmotor	EngineControlUnit		871
				PCB	211
				Cables and Connectors	134
				Fe-parts	7
				Al-parts	518
69	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		756
				PCB	49
				Cables and Connectors	11
				Fe-parts	7
				Plastic-parts	687
				Rest	7
70	Steuergerät	Steuergerät An- triebsmotor	EngineControlUnit		777
71	Steuergerät	Steuergerät An- triebsmotor	EngineControlUnit		755
				PCB	274
				Fe-parts	7
				Al-parts	476
72	Steuergerät	Steuergerät Bremse und Fahr- werk (z.B. ABS, ESC)	BrakeSystemControl- Unit		813
				PCB	251
				Fe-parts	119
				Al-parts	442
73	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	SoundSystem		405
74	Steuergerät	DCDC Wandler	DCDCConverter		2'187
				PCB	1'038
				Fe-parts	29
				Al-parts	1'024
				Plastic-parts	101
75	Steuergerät	Steuergerät Fahrs- sistenzsensoren	SignRecognition- CameraController		198
				PCB	66
				Fe-parts	4
				Al-parts	122
				Rest	9
76	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	InfotainmentNava- tionSystem		112

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
				PCB	57
				Fe-parts	0
				Plastic-parts	56
77	Steuergerät	Steuergerät Infotainment (Sound-, Navi-, und Multi-media)	InfotainmentNavigationSystem		197
				PCB	77
				Cables and Connectors	2
				Fe-parts	2
				Plastic-parts	76
				Rest	44
78	Aktuator	Scheibenwischer-motor	WiperMotor		793
				PCB	4
				Motor	374
				Fe-parts	19
				Al-parts	31
				Cu-parts	1
				Plastic-parts	355
79	Aktuator	Zentralverriegelung	DoorLockActuator		645
80	Steuergerät	Steuergerät Bordnetz/Karosserie	BodyControlModule		197
				PCB	121
				Plastic-parts	75
81	Steuergerät	Verstärker	AudioAmplifier		1'541
				PCB	379
				Cables and Connectors	0
				Motor	4
				Fe-parts	312
				Al-parts	843
				Plastic-parts	3
82	Steuergerät	Steuergerät Fahrsistenzsensoren	SignRecognition-CameraController		155
				PCB	48
				Fe-parts	3
				Al-parts	103

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
83	Steuergerät	Steuergerät An-triebsmotor	EngineControlUnit		206
				PCB	45
				Fe-parts	12
				Al-parts	50
				Plastic-parts	98
84	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	BodyControlModule		311
				PCB	63
				Fe-parts	2
				Al-parts	95
				Cu-parts	23
				Plastic-parts	108
85	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	SignRecognition- CameraController		155
				PCB	48
				Fe-parts	2
				Al-parts	102
86	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	ParkingRadarControl- ler		120
87	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	BodyControlModule		115
				PCB	41
				Fe-parts	9
				Al-parts	35
				Plastic-parts	26
88	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	BodyControlModule		184
				PCB	72
				Fe-parts	19
				Al-parts	50
				Plastic-parts	42
89	Steuergerät	Sicherungs- box/Verteiler	FuseBox		248
				PCB	164
				Plastic-parts	86
90	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	SignRecognition- CameraController		194
				PCB	59
				Fe-parts	6
				Al-parts	121
				Rest	8
91	Steuergerät	Kombiinstru- ment/Info-Anzeige	CombinedInstru- mentDisplay		1'072
				PCB	329

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
				Display	194
				Fe-parts	46
				Al-parts	217
				LightBulb	2
				Plastic-parts	281
92	Steuergerät	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		149
				PCB	33
				Fe-parts	2
				Al-parts	105
				Other metals	8
93	Steuergerät	Steuergerät Info- tainment (Sound-, Navi-, und Multi- media)	InfotainmentNava- tionSystem		319
				PCB	62
				Fe-parts	3
				Al-parts	251
94	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenzsensoren	ParkingRadarControl- ler		607
95	Steuergerät	Steuergerät Bord- netz/Karosserie	BodyControlModule		242
				PCB	55
				Fe-parts	12
				Al-parts	75
				Cu-parts	22
				Plastic-parts	56
96	Anderes		Airbag		1'305
				Fe-parts	351
				Plastic-parts	175
				Rest	552
				Rest	250
97	Kabel	Externes Ladekabel (für XEVs)	ChargeCord		1'868
				PCB	110
				Cables and Connectors	66
				Fe-parts	22
				Plastic-parts	455
				Chargecord	840
				Charge Plug	356
				Rest	19
100	Steuergerät	Steuergerät Fahras- sistenz	ParkingRadarControl- ler		773

ID	Category	Type_device_list_DE	Type_device_standard	Type_compo- nent_standard	Mass [g]
101	Schwein- werfer	Scheinwerfer (vorne und hinten)	Light		3'637
				PCB	196
				Cables and Connectors	124
				Motor	49
				Fe-parts	74
				Al-parts	191
				Plastic-parts	2'618
				Rest	330

